

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med. T. Volk

Zeitlicher Verlauf und Erfolgsrate der endotrachealen Intubation mit einem
Videointubationslaryngoskop und unterschiedlichen Einführhilfen am definierten
Atemweg

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der
medizinischen Fakultät der**

UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2015

Vorgelegt von

Katrin Johanna Franken, geb. Liening
geboren am 02.11.1984 in Lohne (Oldenburg)

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	4
2. SUMMARY	6
3. HINTERGRUND.....	8
3.1 Einführung	8
3.2 Geschichte der endotrachealen Intubation.....	8
3.3 Durchführung der endotrachealen Intubation	9
3.4 Der schwierige Atemweg	14
3.4.1 Definition	14
3.4.2 Prädiktoren in der klinischen Untersuchung	15
3.4.3 Der erwartet schwierige Atemweg	20
3.4.4 Der unerwartet schwierige Atemweg	20
3.4.5 Algorithmus zur Bewältigung des schwierigen Atemwegs	21
3.5 Videolaryngoskopie mit indirektem Blick unter Zuhilfenahme von Videolaryngoskopen	22
3.5.1 Videoassistierte Verfahren	23
3.6 Fragestellung.....	24
4. MATERIAL UND METHODIK	25
4.1 Probanden	25
4.2 Videolaryngoskop	25
4.3 Einführhilfen.....	27
4.3.1 konventioneller Führungsstab in Hockeyschlägerform	27
4.3.2 Stylet Parker Flex-It™.....	28
4.3.3 Truflex™	29
4.3.4 Flexible Fiberoptik.....	30
4.4 Laerdal SimMan® Mark 2 Patientensimulator	31
4.5 Ablauf	32
4.5.1 verschiedene Atemwege und Einführhilfen	32
4.5.2 Randomisierung	32
4.5.3 Dauer und Erfolgsrate der Intubation	32
4.5.4 Bilderreihe zum Ablauf einer Intubation am Simulator (exemplarisch dargestellt für die Verwendung der Einführhilfe Parker Flex-It™)	35
4.5.5 Bewertung der Handhabung der 4 verschiedenen Einführhilfen	39
4.6 Statistische Auswertung	39

5. ERGEBNISSE.....	41
5.1 Erfolgsraten einer Intubation mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 in Kombination mit verschiedenen Einführhilfen bei unterschiedlichen Atemwegsszenarien.....	41
5.1.1 Gesamterfolgsrate aller Intubationen	41
5.1.2 Erfolgsrate U1 – Kopflagerung in „verbesserter Jackson Position“	44
5.1.3 Erfolgsrate U2 – Flache Kopflagerung	45
5.1.4 Erfolgsrate U3 – Immobilisierte Halswirbelsäule mit Stifneck Immobilisationskragen.....	46
5.1.5 Erfolgsrate U4 – Simulierte Zungenschwellung	47
5.1.6 Erfolgsrate U5 – Simulierte Rachenschwellung	48
5.2 Intubationszeiten	49
5.2.1 Gesamtzeit der Intubation U1 – Kopflagerung in „verbesserter Jackson-Position“	50
5.2.2 Gesamtzeit der Intubation U2 – Flache Kopflagerung	51
5.2.3 Gesamtzeit der Intubation U3 – Flache Kopflagerung mit immobilisierter Halswirbelsäule mit Stifneck Immobilisationskragen	52
5.2.4 Gesamtzeit der Intubation U4 – Simulierte Zungenschwellung	53
5.2.5 Gesamtzeit der Intubation U5 – Simulierte Rachenschwellung.....	54
5.3 Bewertung der Handhabung der unterschiedlichen Einführhilfen im Rahmen einer videoassistierten Intubation.....	55
6. DISKUSSION	64
6.1 Atemwegsmanagement.....	64
6.2 Erfolgsrate und Intubationszeiten	66
6.3 Beurteilung der Handhabung durch die Probanden	68
6.4 Limitationen der Studie.....	70
7. LITERATURVERZEICHNIS.....	72
8. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	75
9. PUBLIKATIONEN	76
10. DANKSAGUNG	78
11. LEBENS LAUF.....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

1. Zusammenfassung

Hintergrund: Der unerwartet schwierige Atemweg ist sowohl für den unerfahrenen Anästhesisten als auch für den erfahrenen eine Herausforderung. Die flexible Fiberoptik stellt nach wie vor den Goldstandard im Management dieses Atemwegsproblems dar. Alternativ kommen aus heutiger Sicht Videolaryngoskope zur indirekten Laryngoskopie in Frage. Größtes Problem der indirekten Laryngoskopie ist die korrekte Platzierung des Tubus in der Trachea. Trotz guter Sicht auf die Stimmbandebene ist das Einführen des Endotrachealtubus durch die Stimmritze häufig erschwert. Grund hierfür ist die spezielle Spatelkrümmung, die einerseits die gute Sicht ermöglicht, andererseits das Verschieben des Tubus behindert, da der Tubus „um die Ecke“ geführt werden muss. Ziel der Studie war es, verschiedene Einführhilfen, die zur Bewältigung dieses Problems entwickelt wurden, in Kombination mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 am simulierten Atemweg zu vergleichen.

Methodik: Da die Untersuchung ausschließlich an einem Full-Scale-Simulator durchgeführt wurde, war keine Prüfung des Studienprotokolls durch eine Ethik-Kommission erforderlich. 20 Anästhesisten des Universitätsklinikum des Saarlandes im 1. bis 3. Weiterbildungsjahr führten videolaryngoskopische Intubationen am Simulator Laerdal SimMan® Mark 2 mit den Einführhilfen Parker Flex-It™ und Truflex™, der flexiblen Fiberoptik sowie einem in Hockeyschlägerform gebogenen konventionellen Führungsstab durch. Erfahrungen im Umgang mit Videolaryngoskopen und richtungsweisenden Führungsstäben bestanden nicht. Nach einer standardisierten 5-minütigen Unterweisung waren 5 verschiedene Atemwege („verbesserte Jackson Position“, flache Kopflagerung, immobilisierte Halswirbelsäule, Zungenschwellung, Rachenschwellung) mit jeder der 4 Einführhilfen in randomisierter Reihenfolge zu bewältigen. Intubationserfolg, Intubationszeit und subjektives Empfinden des einzelnen Probanden in Bezug auf die Handhabung wurden erfasst und ausgewertet. Die Daten entsprechen Mittelwerten \pm Standardabweichung (MW \pm SD).

Ergebnisse: Lediglich mit der Führungshilfe Truflex™ ließ sich in allen 5 verschiedenen Atemwegsszenarien ein 100%iger Intubationserfolg erzielen. Die Erfolgsquoten waren unter Zuhilfenahme der flexiblen Fiberoptik und der Einführhilfe

Parker Flex-It™ mit 95% bzw. 96% geringfügig niedriger, während mit einem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab die Quote lediglich 79% betrug und somit signifikant schlechter war im Vergleich zur Einführhilfe Truflex™.

Außerdem war die Einführhilfe Truflex™ allen anderen getesteten Einführhilfen hinsichtlich des erforderlichen Zeitaufwands für eine erfolgreiche Intubation in allen 5 verschiedenen Atemwegsszenarien überlegen. Diesbezüglich schnitt kumulativ am schlechtesten die flexible Fiberoptik ab, dicht gefolgt von dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab.

Die Überlegenheit der Einführhilfe Truflex™, die sich schon hinsichtlich der Erfolgsquote und des dazu nötigen Zeitaufwandes zeigen ließ, spiegelte sich dann nochmals wider in den Ergebnissen der Probandenbefragung in Bezug auf die Praxistauglichkeit der verschiedenen Einführhilfen. Auch hier schnitt die Einführhilfe Truflex™ im Vergleich zu den 3 getesteten Konkurrenten Parker Flex-It™, Fiberoptik und in Hockeyschlägerform gebogenem Führungsstab zumeist deutlich besser ab.

Schlussfolgerung: Anhand der vorliegenden Studie konnte herausgearbeitet werden, dass die Kombination aus dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 und der richtungsweisenden Einführhilfe Truflex™ auch dem unerfahrenen Anästhesisten sowohl eine Bewältigung einfacher als auch schwieriger Atemwegsszenarien erlaubt. Weitere Studien an Patienten müssen zeigen, inwieweit diese Ergebnisse auf reale Situationen übertragbar sind.

2. Summary

Background: The unexpected difficult airway is always a challenge for trainees as well as for experts. Fiberoptic intubation is still the gold standard in the management of this difficult airway. A good alternative for difficult intubation is using a videolaryngoscope with indirect laryngoscopy. The greatest problem of indirect laryngoscopy is a correct placement of the tube in the trachea. Despite of a good view on the laryngeal inlet, entering the trachea with the endotracheal tube may often prove to be difficult. The reason, therefore, is a special curved shape of the blade allowing for a good look on the glottis, yet hampering the trachea intubation since the tube has to be forced around a corner. The aim of the study was to compare four stylets designed to solve this problem in a simulated airway in combination with the McGrath® Series 5 videolaryngoscope.

Methods: Since the study used a manikin, ethic approval was not required. Twenty anesthetists from the first to the third year of practice performed tracheal intubations on a SimMan® manikin with the videolaryngoscope McGrath® series 5 in combination with four different tracheal tube stylet strategies: Parker Flex-It™, Truflex™, flexible fiberoptic, and a hockey-stick formed stylet. None of the anesthetists had any experience in videolaryngoscopy.

After only a 5-minute demonstration on how to use the devices, five different airway scenarios (normal airway, improved Jackson position, cervical spine immobilized with hard cervical collar, tongue edema, and pharynx edema) had to be solved with each of the stylets in a randomized order. Time to intubation, rate of successful tube placement in the trachea, and assessment of the handling were recorded and compared. Data are mean \pm SD.

Results: Only with the stylet Truflex™, the rate of successful intubations was 100% in all airway scenarios. The success rate was 96% using the Parker Flex-It™ and 95% using a flexible fiberscope. Compared to these results, the success rate using a hockey-stick formed stylet was only 79% and, therefore, significantly lower compared to the stylet Truflex™.

Furthermore, the stylet Truflex™ was superior to all other stylets tested regarding the

duration for successful intubation in the five different airway scenarios. In this respect, the flexible fiberscope performed most poorly followed by the hockey-stick formed stylet.

In addition, the stylet TruflexTM was tested most suitable to solve the different airway scenarios.

Conclusion: On the basis of this study, the combination of videolaryngoscope McGrath® Series 5 and direction-guided intubation aid offers a good alternative for airway management especially for the inexperienced anesthetist. Further studies on patients have to prove these results in a real life situation.

3. Hintergrund

3.1 Einführung

Die Freihaltung der Atemwege mit endotrachealen Tuben zur Beatmung des Patienten ist eine der wichtigsten Aufgaben der Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin. Hauptindikationen sind respiratorische, kardiozirkulatorische und neurologische Dysfunktionen sowie die Routinenarkose im klinischen Alltag. Außerdem besteht eine absolute Intubationsindikation bei fehlenden Schutzreflexen zur Aspirationsprophylaxe (29).

Das Einführen des Endotrachealtubus unter direkter Sicht mit direkter Laryngoskopie ist dabei Goldstandard. Unter bestimmten Umständen sind jedoch das Einstellen der Glottisebene und damit die gewünschte Intubation unter Sicht erschwert oder unmöglich. Die Strategie, solche schwierigen Situationen zu meistern, hat sich in den letzten Jahren geändert (27). Zunehmend rücken dazu neben der fiberoptischen Wachintubation videolaryngoskopische Verfahren zur Atemwegssicherung mit endotrachealen Tuben in den Vordergrund.

3.2 Geschichte der endotrachealen Intubation

Die Geschichte der endotrachealen Intubation reicht weit zurück. Im 4. Jahrhundert vor Christus beschrieb Hippokrates das Einführen eines geraden Rohrs in Form einer Hirtenflöte in die Trachea für den Fall des drohenden Erstickens. Andreas Versalius konnte im Jahr 1543 Schweine mit Schilfrohrtuben beatmen; die Luft wurde über einen Blasebalg insuffliert (22). Über die Jahrhunderte hinweg führten verschiedene Beobachter ähnliche Versuche durch. Ende des 18. Jahrhunderts gab es wiederholt Berichte über das Einführen von Schläuchen in die Luftröhre zur Erhaltung der Atemfunktion bei Ertrinken und Ersticken. Der deutsche Chirurg Friedrich Trendelenburg konnte 1871 mit seiner Arbeit „Die Tamponade der Trachea“ mit einer metallenen Tracheotomiekanüle die erste Intubationsnarkose durchführen. 1880 führte der Chirurg William Macewen gekrümmte Metallrohre peroral ein. Die durch das wenig nachgiebige Material aufgetretenen Verletzungen im Oropharynx und der Trachea versuchte der Chirurg Franz Kuhn 1901 mit seinen Metallspiralen, die sich der Anatomie der Trachea und des oropharyngealen Raumes anpassen sollten, zu verhindern.

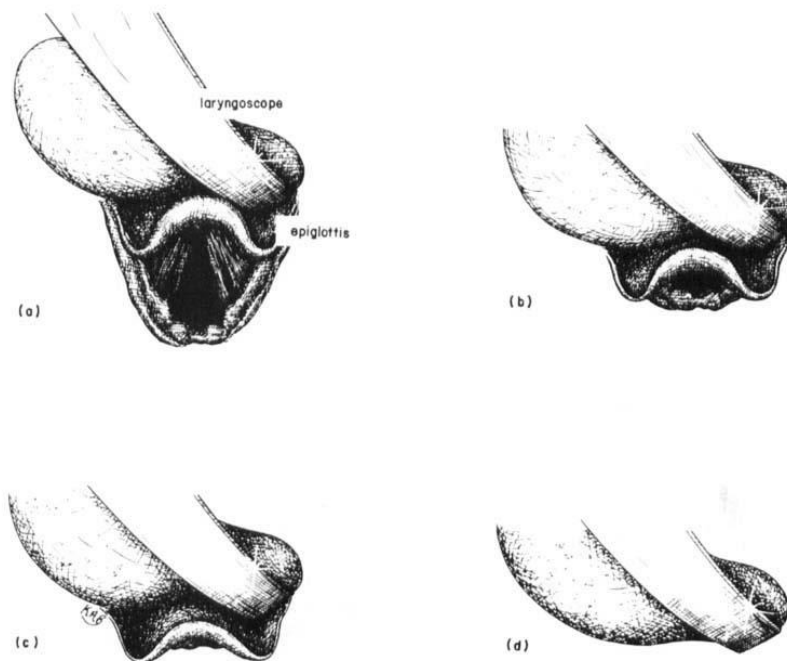
1913 wurde das Laryngoskop als Intubationshilfe durch Chevalier Jackson (1865 – 1958, Professor für Laryngologie und Bronchoskopie am Jefferson Medical College in Philadelphia) eingeführt. Erst durch die Arbeiten Jacksons konnte die direkte Sicht auf die Glottis ermöglicht werden. Das von ihm beschriebene Laryngoskop setzte sich, ähnlich dem heute bekannten Laryngoskop, aus einer Griffhülse, in deren Inneren sich Batterien befanden, und einem u-förmig gekrümmten Spatel mit einer Lichtquelle zusammen. Bereits während des 1. Weltkriegs wurden durch Ivan Magill die uns heute gebräuchlichen oralen als auch nasotrachealen Intubationstechniken verwendet (4,5).

Seit Ende des vorigen Jahrhunderts sind in vielen Ländern, so auch in Deutschland, Leitlinien für das Atemwegsmanagement formuliert worden. Diese landestypischen Handlungsempfehlungen sollen die Anzahl an Atemwegskomplikationen verringern (10). Dies erfolgte insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass Schwierigkeiten in der Atemwegssicherung mit daraus resultierender Hypoxämie die häufigsten Ursachen für die anästhesiebedingte Morbidität und Mortalität darstellen (6).

3.3 Durchführung der endotrachealen Intubation

Die endotracheale Intubation schafft freie Atemwege, erleichtert das Absaugen des Tracheobronchialbaums und ermöglicht das Anschließen eines Beatmungsgeräts (21). Im Idealfall sollte der Patient sich während der Intubation in Rückenlage befinden und der Kopf rekliniert auf einem Intubationskissen etwa 10 cm angehoben sein. Mit der rechten Hand öffnet der Anästhesist den Mund des Patienten während er mit der linken Hand das Laryngoskop in den rechten Mundwinkel einführt. Die Zunge des Patienten wird dabei nach links lateral verdrängt. Die Spatelspitze sollte zunächst bis zur Epiglottis vorgeschoben werden, ohne diese mit dem Laryngoskop aufzuladen. Durch weiteres Vorschieben der Spatelspitze in die *Valecula epiglottica* und durch Zug am Laryngoskopgriff in Richtung des Mundbodens wird die Epiglottis aufgerichtet und die darunter liegende Glottis sichtbar. Gelegentlich kann ein Betonen der Spatelspitze zum Aufrichten der Epiglottis notwendig sein, wobei jedoch sehr darauf geachtet werden muss, dass es durch die Hebelwirkung nicht zu einer Schädigung der Schneidezähne im Oberkiefer kommt. Ist die Sicht auf die Stimmbandebene gegeben, kann der Anästhesist mit der rechten Hand den Tubus über den rechten Mundwinkel in die Trachea einführen. Anschließend wird der Cuff, der sich am distalen Ende des Tubus befindet, geblockt,

um die Trachea luftdicht abzuschließen. Der CO₂-Nachweis in der Ausatemluft, ein seitengleicher Auskultationsbefund über der Lunge sowie ein seitengleiches Heben und Senken des Thorax sichern die korrekte Lage des Tubus. Das Einführen des Endotrachealtubus kann außer oral auch nasal erfolgen (21). In beiden Fällen ist eine direkte Sicht auf die Stimmbandebene eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Intubation (6). Die Einstufung des Schwierigkeitsgrads, also die Beurteilung der Sicht während der Laryngoskopie, wird nach Cormack und Lehane (siehe Abb. 1) vorgenommen und orientiert sich an den sichtbaren Strukturen bei der direkten Laryngoskopie nach der Einstellung des Kehlkopfeingangs mit einem konventionellen Laryngoskop.



- a) Grad 1: Larynxeingang vollständig sichtbar
- b) Grad 2: Nur hinterer Anteil des Larynxeingangs sichtbar
- c) Grad 3: Nur Epiglottis sichtbar
- d) Grad 4: Weder Glottis noch Epiglottis sichtbar

Abbildung 1 : Laryngoskopischer Befund nach Cormack und Lehane (Abb. aus (7))

Ab Grad 3 nach Cormack und Lehane wird die Intubation unter direkter Sicht als schwierig oder unmöglich eingestuft.

Aufgrund der großen Unterschiede zwischen den einzelnen Gradeinteilungen der

Cormack-Klassifikation ergab sich schon bald der Wunsch nach einer weniger groben Einteilung. Diesem Wunsch trägt die Einteilung nach Cook Rechnung (siehe Abb.2), die 6 Einstellungsgrade unterscheidet, die in 3 Gruppen zusammengefasst werden.

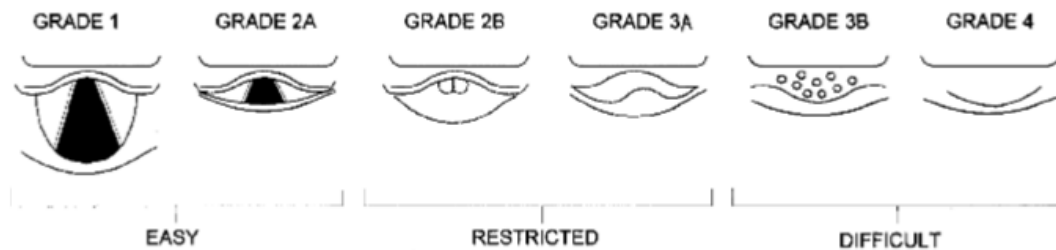


Abbildung 2: Laryngoskopiebefunde modifiziert nach Cook. (Abb. aus (8))

Bei dieser Klassifikation wird die Sicht als einfach bezeichnet, wenn der Kehlkopfeingang sichtbar ist (Grad 1 und 2a). Diese Kehlkopfeinstellung ist geeignet für die Intubation unter direkter Sicht. Die Sicht ist eingeschränkt, wenn die hinteren Glottisstrukturen (hintere Kommissur oder Aryknorpel) sichtbar sind oder die Epiglottis sichtbar ist und angehoben werden kann (Grad 2b und 3a). Die Intubation wird bei diesen Kehlkopfeinstellungen wahrscheinlich durch zusätzliche Hilfen wie z. B. den Gebrauch eines Bougie erleichtert. Die Sicht wird als schwierig eingestuft, wenn die Epiglottis nicht angehoben werden kann oder keine Kehlkopfstrukturen sichtbar sind (Grad 3b und 4). Bei diesen Kehlkopfeinstellungen werden spezielle Intubationsmethoden erforderlich, die z.T. blind, d. h. ohne Sicht auf den Kehlkopfeingang, durchgeführt werden müssen.

Ergibt sich bei der konventionellen Laryngoskopie eine unvollständige Sicht auf die Stimmbandebene, kann diese eventuell durch bestimmte zusätzliche Maßnahmen optimiert werden. Dazu zählen u.a. Lagerungsmanöver des Kopfes wie z.B. die so genannte „verbesserte Jackson Position“ oder händische Manipulationen am Kehlkopf wie z.B. das OELM- oder BURP-Manöver.

„Verbesserte Jackson Position“

Ein wichtiger Aspekt bei der Intubation unter direkter Sicht ist die Annäherung der pharyngealen und laryngealen Achse. Die physiologische Abweichung beider Achsen soll durch eine optimierte Lagerung des Kopfes reduziert werden, um eine nahezu gerade Linie zwischen Schneidezähnen und Epiglottis zu erreichen. Hierzu dient die Lagerung des Kopfes in der sogenannten „verbesserten Jackson Position“ oder „Schnüffelposition“. Dazu wird der Kopf des Patienten auf einem Kissen etwa 10 cm angehoben und rekliniert. In dieser Position ist der Luftweg maximal offen und die physiologische Abweichung der Achsen nahezu angeglichen (siehe Abb. 3). Mittels konventioneller Laryngoskopie kann nun die direkte Sicht auf die Stimmbandebene erleichtert werden (21).

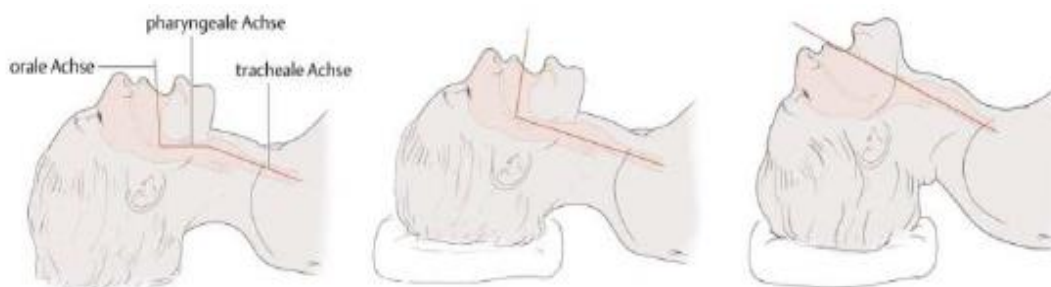


Abbildung 3: Lagerung des Kopfes zur endotrachealen Intubation (Abb. aus (34))

Gelingt trotz dieser intubationsgerechten Lagerung die direkte Sicht auf die Glottisebene nicht auf Anhieb, können weitere Optimierungsmanöver angewendet werden:

Bei dem **OELM (Optimal External Laryngeal Manipulation) Manöver** verschiebt der Anästhesist mit der rechten Hand den Larynx des Patienten, um die Sicht zu verbessern, während er mit der anderen Hand das Laryngoskop hält. Hierbei ist keine definierte Richtung vorgegeben (3).

Beim **BURP (Backward, Upward, Rightward Pressure) Manöver** nach Knill wird der Kehlkopf patientenseitig durch eine Hilfsperson nach dorsal, kranial und rechts verschoben, um dadurch bei erschwerten Intubationsbedingungen die Kongruenz der Achsen durch äußeren Druck auf den Kehlkopf in den oben beschriebenen Richtungen

zu verbessern (siehe Abb.4)(37).

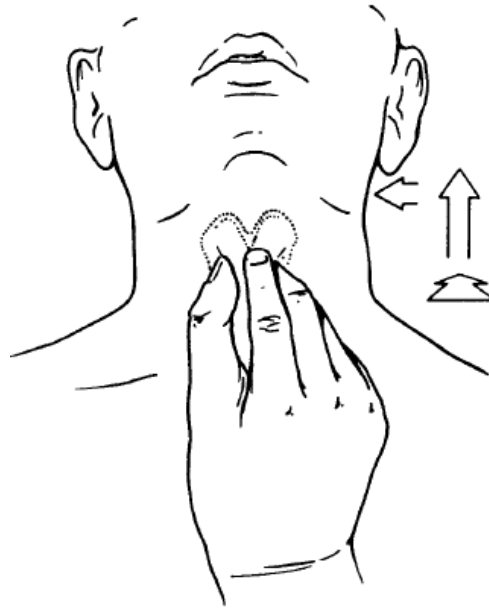


Abbildung 4: BURP-Manöver (Abb. aus (19))

Sind Länge und Form des verwendeten Laryngoskopspatels ungeeignet für den vorliegenden Atemweg, sollte dieser gegen einen Spatel anderer Größe ausgetauscht werden.

Zusätzlich können verschiedene Einführhilfen wie z.B. Führungsstab, Intubationsmandrin oder Bougie dazu beitragen, eine korrekte Platzierung des Endotrachealtubus zu erreichen (18).

Besonders bei Gesichts- und Halsanomalien, Einschränkungen der HWS-Beweglichkeit, bei Vorliegen einer kleinen Mundöffnung oder Tumoren im Intubationsbereich kann es schwierig bis unmöglich sein, die Stimmbandebene direkt einzustellen und die korrekte Tubusplatzierung zu erreichen. Dabei handelt es sich um Situationen, die unter dem Begriff des „schwierigen Atemwegs“ zusammengefasst werden.

3.4 Der schwierige Atemweg

3.4.1 Definition

Grundsätzlich hängt die Beurteilung, wann ein Atemweg als schwierig eingestuft wird von vielen verschiedenen Faktoren ab. Dazu zählen der Ausbildungsstand des Anästhesisten, die individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten sowie das klinische Umfeld und die technischen Voraussetzungen. Tabelle 1 gibt die Definition und Unterteilung des „schwierigen Atemwegs“ nach der American Society of Anesthesiologists wieder (18).

Unterteilung	Definition
Schwieriger Atemweg	Ein normal ausgebildeter Anästhesist hat Schwierigkeiten mit der Maskenbeatmung, der endotrachealen Intubation oder beidem.
Schwierige Maskenbeatmung	Eine adäquate Maskenbeatmung ist aufgrund inadäquaten Maskensitzs, hohen Gaslecks oder hohen Widerstands beim Ein- oder Ausströmen des Beatmungsgases nicht durchzuführen
Schwierige Laryngoskopie	Auch nach mehrfachen Versuchen ist kein Anteil der Stimmbandebene bei der konventionellen Laryngoskopie einsehbar.
Schwierige Intubation	Für die endotracheale Intubation werden mehrere Versuche benötigt, mit oder ohne Vorhandensein trachealer Pathologie
Unmögliche Intubation	Das Platzieren eines Endotrachealtubus misslingt nach mehreren Intubationsversuchen.

Tabelle 1: Definition und Unterteilung des „schwierigen Atemwegs“ nach der American Society of Anesthesiologists (18)

3.4.2 Prädiktoren in der klinischen Untersuchung

Einen schwierigen Atemweg vorherzusehen und zu meistern, sind Fähigkeiten, die einen Anästhesisten auszeichnen. Im klinischen Alltag muss jeder Patient vor einer geplanten Intubation auf Konstellationen untersucht werden, die Hinweise auf eine möglicherweise erschwerte Intubation geben können. Dazu zählen u.a.:

- Ohrfehlstellungen
- kurzer, dicker Hals
- vorstehende Schneidezähne mit überstehendem Oberkiefer
- eingeschränkte Beweglichkeit im Kiefergelenk
- eingeschränkte Mundöffnung
- langer, hoher Gaumen mit langer, enger Mundhöhle
- fliehendes Kinn
- sehr große Zunge
- eingeschränkte Beweglichkeit im Atlantooccipitalgelenk
- angeborene Fehlbildungen im Intubationsbereich
- Tumore des Larynx- und Pharynxbereichs

Außerdem ist das Erheben einer auf die Freihaltung der Atemwege bezogenen Anamnese von großer Bedeutung. Dazu dient die gezielte Befragung nach Komplikationen bei vorangegangenen Narkosen sowie die Durchsicht eventuell vorhandener Anästhesieprotokolle (10).

Weiterhin sollten neben der Inspektion auch einfache Untersuchungen durchgeführt werden, die eine Risikoabschätzung zum Vorliegen eines schwierigen Atemwegs erlauben. Dazu zählen u.a. die Überprüfung der möglichen Mundöffnung, die Beurteilung der oropharyngealen Übersicht nach Mallampati, die Messung des thyreomentalen und sternomentalen Abstandes und die Überprüfung der Reklinierbarkeit im atlanto-okzipitalen Gelenk.

Überprüfung der Mundöffnung:

Normalerweise sollte ein Patient in der Lage sein, seinen Mund so weit zu öffnen, dass die mittleren 3 Finger seiner rechten Hand zwischen die Zahnreihen bzw. Alveolar-kanten passen (siehe Abb. 5). Dies entspricht beim Erwachsenen ungefähr einer Mund-öffnung von 4-6 cm. Ist dies der Fall, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass sich das Laryngoskop ohne Probleme in den Mund des Patienten einführen lässt (10).

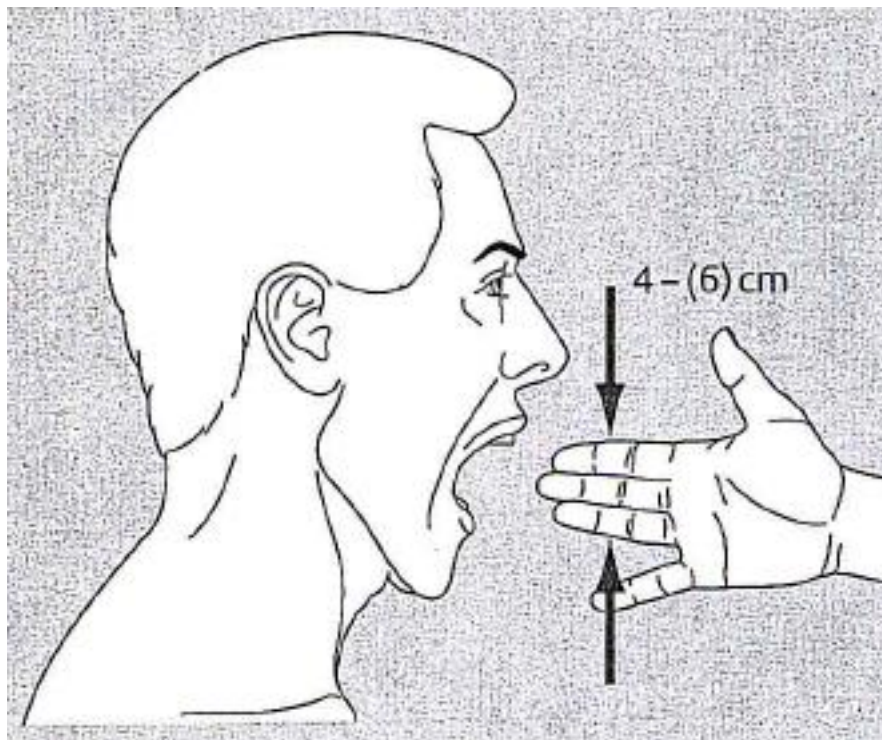
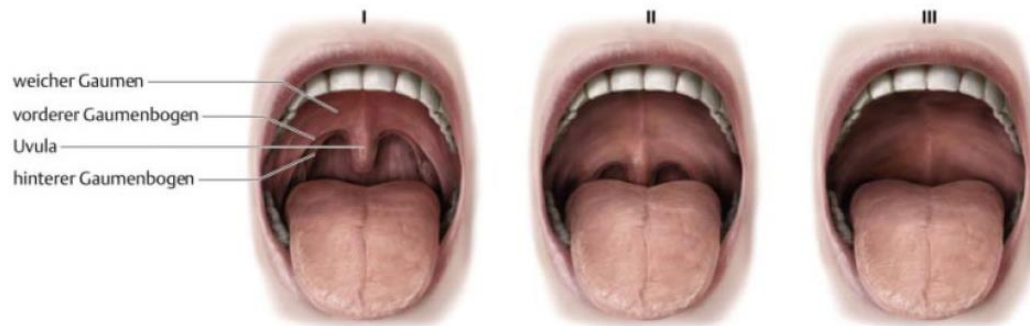


Abbildung 5: Überprüfung der maximalen Mundöffnung (Abb. aus Airway-Management: die Sicherung der Atemwege (Abb. aus (20))

Bei einer ausreichenden Mundöffnung und Zungenbeweglichkeit sollte die Uvula sichtbar sein. Diese Gegebenheiten werden im Test nach Mallampati überprüft.

Mallampati-Test

Hierbei wird der Patient aufgefordert, im Sitzen bei neutraler Kopfhaltung ohne Reklination des Kopfes im Atlantookzipitalgelenk den Mund maximal zu öffnen und ohne Phonation die Zunge so weit als möglich herauszustrecken (Siehe Abb. 6). Dabei wird die Sichtbarkeit der oropharyngealen Strukturen klassifiziert:



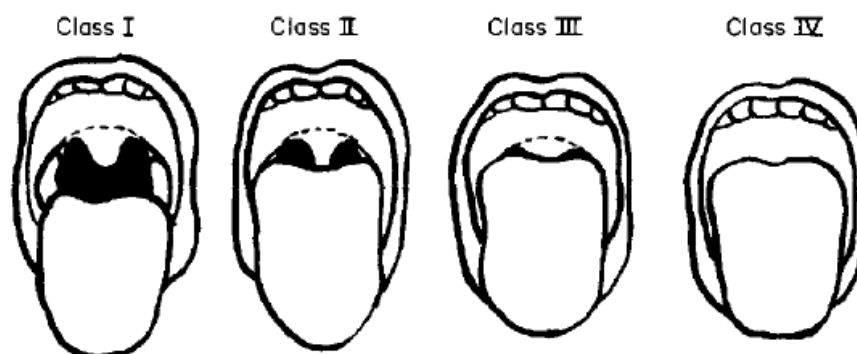
Klasse 1 : weicher Gaumen, komplette Uvula und Tonsillarbett sichtbar

Klasse 2 : weicher Gaumen, Uvula größtenteils sichtbar

Klasse 3 : nur weicher Gaumen sichtbar

Abbildung 6: Mallampati Klassifikation - Einteilung der sichtbaren oropharyngealen Strukturen (Abb. aus (34))

Von Samsoon und Young wurde der Mallampati-Test modifiziert (Ausleuchtung der Mundhöhle und des Rachens mit einer kleinen Stablampe) und um eine Klasse ergänzt (siehe Abb. 7).



Klasse 1: weicher Gaumen, Gaumenbögen, Uvula und Tonsillen sichtbar

Klasse 2: weicher Gaumen, Gaumenbögen und Uvula sichtbar

Klasse 3: weicher Gaumen und die Basis der Uvula sichtbar

Klasse 4: weicher Gaumen nicht mehr sichtbar

Abbildung 7: Modifikation des Mallampati-Tests nach Samsoon und Young (Abb. aus (33))

Zu beiden Testverfahren ist kritisch anzumerken, dass die Beurteilung ohne Phonation

(„Ah-Sagen“) erfolgt, die zu einer eindeutigen Sichtverbesserung auf die pharyngealen Strukturen führt.

Ab Klasse 3 rechnet man mit Schwierigkeiten bei der Intubation (23).

Thyreomentaler Abstand nach Patil

In diesem von Patil und Kollegen 1983 beschriebenen Test wird bei geschlossenem Mund und maximal rekliniertem Kopf der Abstand zwischen der Kinninnenkante und dem Schildknorpeloberrand (thyreomentaler Abstand) gemessen (siehe Abb.8). Dieser Abstand sollte mindestens 6,5cm betragen. Ist er $< 6\text{cm}$, ist die Sicht auf den Kehlkopf bei der direkten Laryngoskopie zumeist unmöglich (21).

Sternomentaler Abstand nach Savva und Ramadhani

Die Kopfposition bei dieser Untersuchung entspricht derjenigen bei Durchführung des Patil-Tests, nur dass jetzt der Abstand zwischen der Kinninnenkante und der Oberkante des Sternums gemessen wird (siehe Abb. 8). Sollte dieser sternomentale Abstand $< 13,5\text{cm}$ sein, muss u.U. mit einer erschwerten Sicht auf den Kehlkopf gerechnet werden.

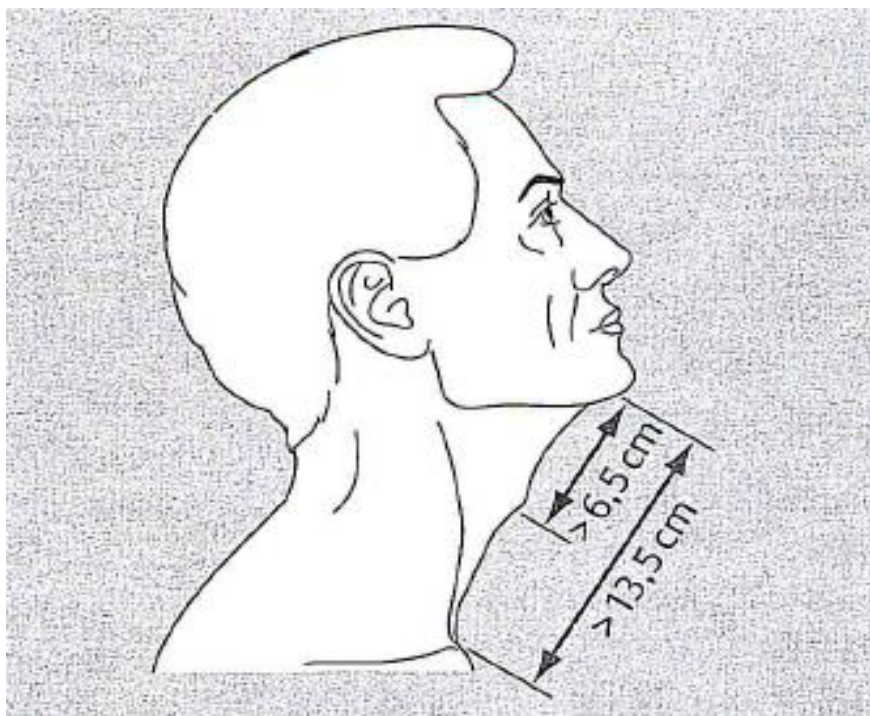


Abbildung 8: Thyreomentaler Abstand nach Patil und sternomentaler Abstand nach Savva und Ramadhani (Abb. aus (20))

Messung der Reklinierbarkeit im atlantookzipitalen Gelenk

Eine Kopflagerung in Schnüffelposition mit zusätzlicher Reklination im Atlantooccipitalgelenk schafft eine kurze nahezu gerade verlaufende Achse von den Schneidezähnen zur Epiglottis. Um diese Achse korrekt einstellen zu können, sollte der Patient in der Lage sein, seinen Kopf > 35 Grad zu reklinieren. Zur Überprüfung kann mit einem Winkelmesser der Winkel transversal zu den Kauflächen der Oberkieferzähne gemessen werden bei Flexion der HWS und Extension im Atlantookzipitalgelenk in Schnüffelposition (siehe Abb. 9).

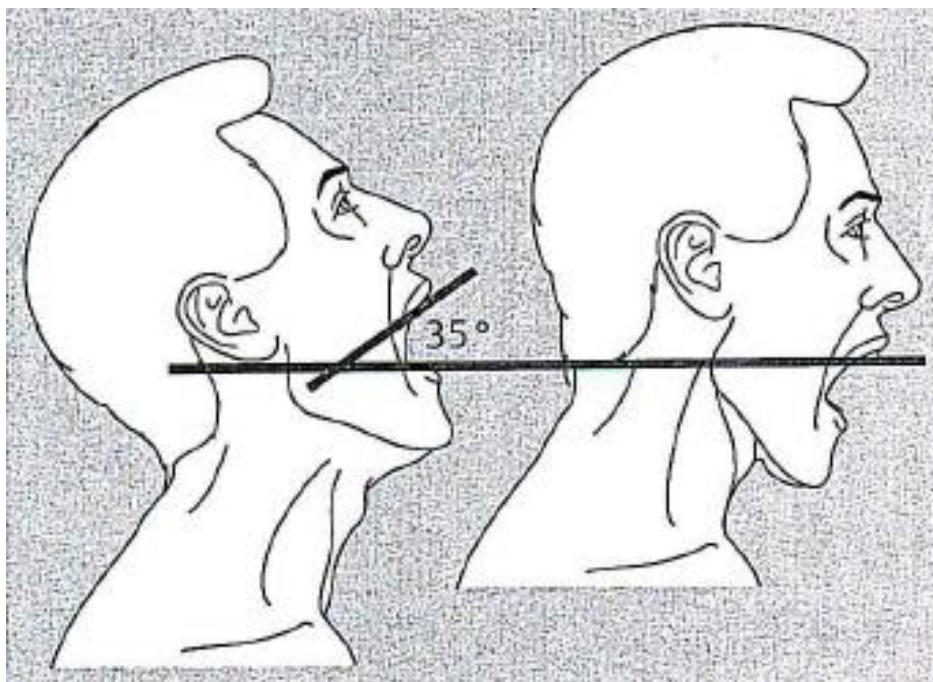


Abbildung 9: Messung der Reklinierbarkeit im atlantookzipitalen Gelenk (Abb. aus (20))

Sämtliche Tests erlauben jedoch keine endgültige Aussage darüber, ob der Patient letztendlich problemlos intubiert werden kann (15).

Definierte Handlungsrahmen sollen deshalb helfen, einen schwierigen Atemweg, ob erwartet oder unerwartet, zu bewältigen und daraus resultierende Komplikationen zu vermeiden.

3.4.3 Der erwartet schwierige Atemweg

Zur vorherigen Identifizierung eines schwierigen Atemwegs ist eine gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung des Patienten obligat (14). Ergeben sich dabei Hinweise für eine erschwerte Intubation, sollten das Bewusstsein und die Spontanatmung des Patienten solange erhalten werden, bis der Luftweg mit einem pharyngealen oder trachealen Instrument gesichert ist (10). Goldstandard zur Bewältigung eines absehbar schwierigen Atemwegs ist daher die Intubation am wachen kooperativen Patienten unter Zuhilfenahme einer flexiblen Optik (Intubationsbronchoskop) bei gleichzeitiger Lokalanästhesie des Mund-Rachen-Raums.

3.4.4 Der unerwartet schwierige Atemweg

Der unerwartet schwierige Atemweg stellt das zentrale Problem der Atemwegs-algorithmen dar (10).

Trotz vieler Prädiktoren, anhand derer ein Atemweg präoperativ als schwierig eingestuft werden kann, ist die Vorhersagekraft dieser Faktoren nicht immer ausreichend (28) und bisweilen kann auch bei völligem Fehlen von Risikofaktoren eine schwierige Atemwegssituation überraschend auftreten. Man spricht dann vom „unerwartet schwierigen Atemweg“. Neben der Möglichkeit auf supraglottische Atemhilfen zurückzugreifen oder den Patienten wieder wach werden zu lassen, um ihn dann wach fiberoptisch zu intubieren, stellt die videolaryngoskopische Intubation unter indirekter Sicht auf die Stimmbandebene eine neue wichtige Option zur Bewältigung dieser Problematik dar.

Abbildung 10 zeigt in einem Ablaufschema die Handlungsstrategien zur Bewältigung des schwierigen Atemwegs basierend auf den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und den Leitlinien zum Management eines schwierigen Atemwegs (9).

3.4.5 Algorithmus zur Bewältigung des schwierigen Atemwegs

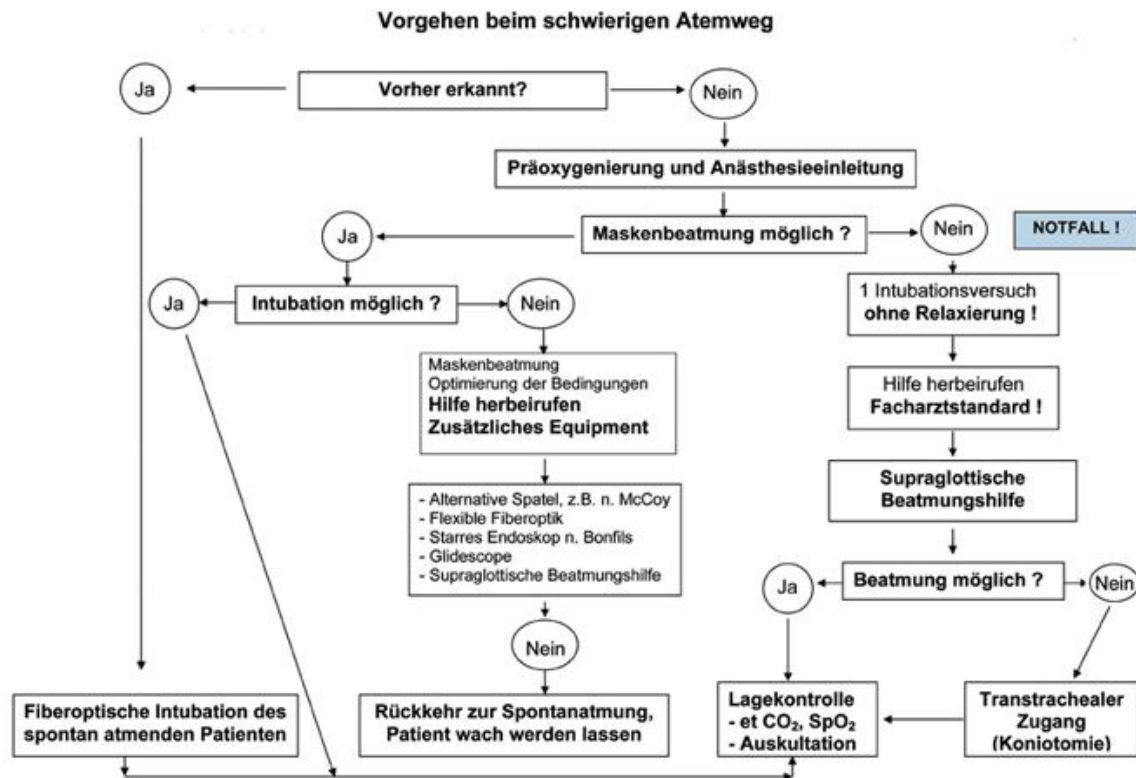


Abbildung 10: Algorithmus zur Bewältigung des schwierigen Atemwegs (Abb. aus (11))

Wird ein schwieriger Atemweg erwartet, sollte gemäß den Handlungsempfehlungen eine wachfiberoptische Intubation bei erhaltener Spontanatmung durchgeführt werden. Erst nach Sicherung der endotrachealen Tubuslage durch atemsynchronen CO₂-Nachweis in der Ausatemluft des Patienten wird dann die Narkose eingeleitet.

Gibt es in der klinischen Untersuchung keine Anzeichen für einen schwierigen Atemweg, wird der Patient ausgiebig präoxygeniert und anschließend die Narkose eingeleitet. Ist die Maskenbeatmung problemlos, wird die Intubation durchgeführt. Sollte die Intubation primär nicht gelingen, wird die Rückkehr zur Maskenbeatmung empfohlen. Die Intubationsbedingungen sollten optimiert werden (z.B. Lagerung des Kopfes). Außerdem sollte Hilfe und zusätzliches Equipment zur Verbesserung der Atemwegssituation herbeigeholt werden. Dazu zählen alternative Laryngoskopspatel (z.B. McCoy-Spatel), supraglottische Atemwegshilfen (z.B. Larynxmaske oder Larynxtubus), die flexible Intubationsoptik, starre Endoskope (z.B. Bonfils

Intubationsendoskop) sowie Videointubationslaryngoskope. Sollte trotz all dieser Alternativbemühungen eine endotracheale Intubation nicht erfolgreich sein, wird die Rückkehr zur Spontanatmung empfohlen.

Ist bereits die Maskenbeatmung primär nicht möglich, sollte nach dem ersten Intubationsversuch ohne Erfolg mindestens ein Facharzt hinzugezogen werden. Gelingt die Intubation weiterhin nicht, kommen supraglottische Beatmungshilfen zum Einsatz. Sollte weiterhin keine suffiziente Beatmung möglich sein, muss ein transtrachealer Zugang mit Koniotomie geschaffen werden.

3.5 Videolaryngoskopie mit indirektem Blick unter Zuhilfenahme von Videolaryngoskopen

Während der indirekten Laryngoskopie wird die Stimmbandebene über eine Optik übertragen und dabei quasi durch einen Blick „um die Ecke“ visualisiert (siehe Abb. 11) (6).

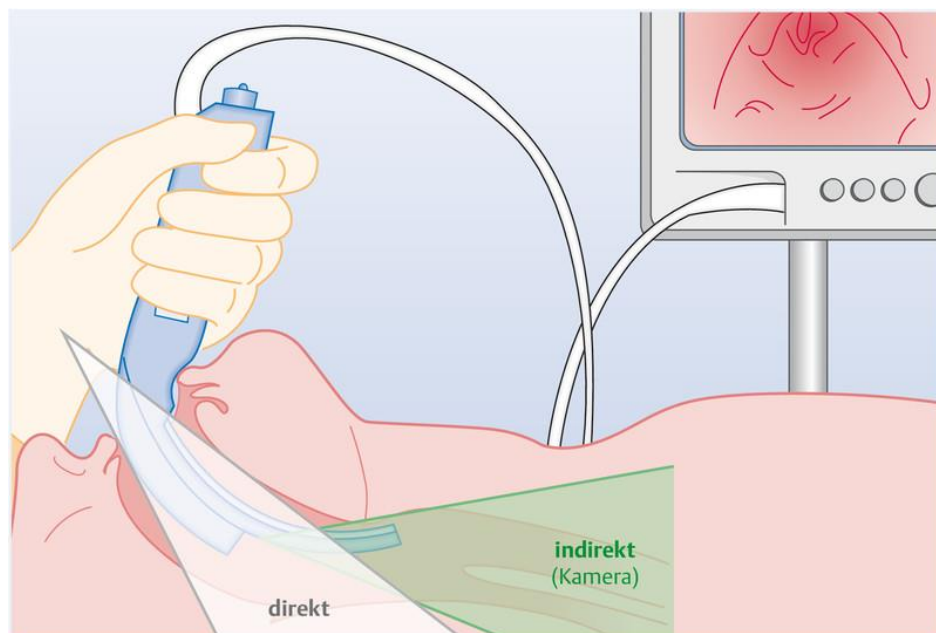


Abbildung 11: Funktionsprinzip der Videolaryngoskopie mit indirektem Blick (Abb. aus (17))

3.5.1 Videoassistierte Verfahren

Grundsätzlich lassen sich die Gerätetypen in zwei Gruppen einteilen. Man unterscheidet Videolaryngoskope, die prinzipiell wie eine kleine Digitalkamera funktionieren und deren Bild auf einen LCD-Monitor übertragen wird (z.B. McGrath® Series 5) von den Gerätetypen, die ihre Sicht über Prismen (z.B. Airtraq® Videolaryngoskop) oder fiberoptische Fasern zu einem Okular übertragen (28). Nach der Bauart unterscheidet man weiterhin Geräte mit integriertem (z.B. McGrath® Series 5) oder externem Monitor (z.B. Glidescope- oder C-MAC-Videolaryngoskope).

Vorteil der Geräte mit integriertem Monitor ist die Möglichkeit der präklinischen Verwendung. Niedriges Gewicht und geringer Platzbedarf ermöglichen eine Mobilität im Einsatz. Durch Batteriebetrieb sind sie zudem nicht auf externe Energiequellen angewiesen. Hier liegt jedoch auch der Nachteil dieser Systeme. Um kritische Situationen zu vermeiden, muss die ständige Betriebsfähigkeit gegeben sein. Zudem fällt dem Anwender auf dem kleinen Monitor die Orientierung schwerer. Im Unterschied dazu erlauben Geräte mit großem externem Monitor eine gute Übersicht während des Intubationsvorgangs. Außerdem ist eine Beobachtung der Intubation durch Dritte möglich und bei Bedarf können zielgerichtete extralaryngeale Manöver angewendet werden (6).

Ein Hauptvorteil der Videolaryngoskope mit stärker angewinkeltem Spatel ist die gute Visualisierung der Glottis bei obligat indirekter Sicht (27). Das bedeutet, dass durch eine spezielle Spatelkrümmung keine direkte Sicht auf den Kehlkopfeingang notwendig ist, also die oropharyngo-laryngeale Achse nicht eingestellt werden muss, um eine Intubation erfolgreich durchzuführen. Vor allem bei immobilisierter Halswirbelsäule bietet sich dieses Verfahren an, weil keine Lagerungsmanöver erforderlich werden.

Gute Sicht auf den Kehlkopfeingang bedeutet jedoch nicht auch zwangsläufig, dass das Einführen des Tubus in die Trachea problemlos möglich ist. Das Einführen und Verschieben des Endotrachealtubus kann im Gegensatz zur konventionellen Intubation sogar erschwert sein. Grund hierfür ist die spezielle Spatelkrümmung, die bei der indirekten Laryngoskopie den Blick „um die Ecke“ ermöglicht, aber gleichzeitig das Verschieben des Tubus „um die Ecke“ in die Trachea erschwert (28). Das stellt

besonders den unerfahrenen Anästhesisten vor ein Problem. Um in solchen Situationen den Durchtritt des Endotrachealtubus durch die Stimmritze zu erleichtern, wurden verschiedene Einführhilfen entwickelt. Einige Autoren empfehlen die Vorbiegung des Tubus in eine sogenannte Hockeyschlägerform mit einer Krümmung von fast 90 Grad, andere beschreiben die Verwendung spezieller Führungsstäbe, wie dem Parker Flex-It™ und dem Truflex™. Auch die flexible Fiberoptik kann benutzt werden, um eine vereinfachte Tubusplatzierung zu erzielen.

3.6 Fragestellung

Ausgehend von den vorangegangenen Erläuterungen zur Handhabung von Videolaryngoskopen zur indirekten Laryngoskopie sollte in dieser Beobachtungsstudie der zeitliche Ablauf und die Erfolgsrate einer Intubation mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 und verschiedenen Einführhilfen am Atemwegssimulator untersucht werden.

Folgende Fragestellungen wurden im Einzelnen formuliert:

1. Wie hoch ist die Erfolgsrate einer Intubation mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 in Kombination mit verschiedenen Einführhilfen bei unterschiedlichen Atemwegsszenarien?
2. Welche Zeitspanne erfordert eine Intubation mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 in Kombination mit verschiedenen Einführhilfen bei unterschiedlichen Atemwegsszenarien?
3. Gibt es Unterschiede in der subjektiven Beurteilung der Handhabung der einzelnen Einführhilfen nach der Intubation pro Proband?

4. Material und Methodik

4.1 Probanden

Da die Untersuchung ausschließlich an einem Full-Scale-Simulator durchgeführt wurde und somit keine Untersuchung am Menschen erfolgte, war keine Prüfung des Studienprotokolls durch eine Ethik-Kommission erforderlich. 20 Assistenzärzte der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikum des Saarlandes, die sich im ersten bis dritten Weiterbildungsjahr befanden, nahmen an der Untersuchung teil. Alle hatten mindestens 1000 konventionelle Intubationen unter direkter Sicht am Patienten durchgeführt, verfügten jedoch noch nicht über Erfahrungen im Umgang mit Videolaryngoskopen.

4.2 Videolaryngoskop

Als Videolaryngoskop wurde in der Studie das McGrath® Series 5 Videolaryngoskop verwendet. Dieses Videolaryngoskop wurde von Matthew McGrath in Schottland entwickelt. Es besteht aus einem Griff und einem sogenannten Camera Stick. Am Ende des Sticks befindet sich eine kleine Kamera und eine LED Lichtquelle. Vor der Anwendung wird ein Einmalspatel auf den Camera Stick gesteckt. Dieser verhindert die Infektionsübertragung zwischen Patienten. Die maximale Spatelhöhe beträgt ca. 1,3cm. Ein beweglicher 1,7" LCD Monitor ist oben am Griff angebracht und hat eine Diagonale von 4,3cm. Der Winkel des Bildschirms kann so verstellt werden, dass dem Anwender eine aufrechtstehende und bequeme Intubation möglich wird. Im Handgriff befindet sich eine einzige wieder aufladbare AA-Batterie (2500 mAh) als Energiequelle. Der Hersteller garantiert bei voller Ladung eine Nutzungsdauer von bis zu 2 Stunden. Eine normale Alkali-Batterie hält etwa 1 Stunde. Der Camera Stick ist abnehmbar und kann in 3 verschiedenen Längen am Griff arretiert werden, so dass Kinder ab einem Körpergewicht von etwa 15 kg - entsprechend einem 5-jährigen Kind - bis zu kräftigen Erwachsenen intubiert werden können. Bei sehr adipösen Patienten oder im Rahmen der Geburtshilfe kann der Camera Stick mit Spatel in den Mund eingeführt werden, bevor der Griff angebracht wird, um eine Behinderung durch die Brust des Patienten zu vermeiden. Es können sowohl orale als auch nasale Intubationen durchgeführt werden. Das McGrath® Videolaryngoskop hat keine Tubusleitschiene, so dass für die orale Intubation ein Führungsstab notwendig ist.



Abbildung 12: Mc Grath® Series 5 Videolaryngoskop , Foto: Katrin Franken

4.3 Einführhilfen

Als Einführhilfen wurden 4 verschiedene Varianten verwendet: ein konventioneller Führungsstab in Hockeyschlägerform, ein richtungsweisender Führungsstab aus Plastik (Parker Flex-It™), ein richtungsweisender Führungsstab aus Metall (Truflex™) und eine flexible Fiberoptik.

4.3.1 konventioneller Führungsstab in Hockeyschlägerform

Der konventionelle Führungsstab ist ein kunststoffbeschichteter autoklavierbarer Stab und dient zur Formgebung und Stabilisierung des Tubus während der endotrachealen Intubation (Abb. 13). Die Tubusvorbiegung kann individuell an den Atemweg angepasst werden. Als Hockeyschlägerform bezeichnet man das Vorbiegen des Führungsstabs im Tubus am distalen Ende in einem 90° Winkel, ca. 8cm von der Spitze entfernt. Der Führungsstab in dieser speziellen Vorbiegung kann nur für die orale Intubation verwendet werden. Nach Erreichen der Stimmbandebene muss dieser zurückgezogen werden, um Verletzungen der Trachea zu verhindern und das Vorschieben des Tubus zu ermöglichen.



Abbildung 13: Führungsstab in Hockeyschlägerform (links ohne Endotrachealtubus, rechts mit Endotrachealtubus), Foto : Katrin Franken

4.3.2 Stylet Parker Flex-It™

Der Parker Flex-It™ ist ein richtungsweisender Führungsstab, der für orale und nasale Intubationen eingesetzt werden kann (Abb. 14). Vor der Intubation ist ein Vorbiegen des Führungsstabs nicht notwendig. Ein Daumeneinsatz am oberen Ende des Stabs ermöglicht es während der Intubation durch Druckausübung die Tubusspitze anzuheben, damit der Tubus der Krümmung des Atemweges folgen kann. Ein Zurückziehen des Führungsstabs nach Passage der Stimmbandebene ist nicht notwendig, da die Krümmung wieder aufgehoben werden kann, um den Tubus problemlos in die Luftröhre einführen zu können. Der Parker Flex-It™ ist in 4 verschiedenen Längen verfügbar. Endotrachealtuben ab einem Durchmesser von 5,0mm bis zu 8,0mm können damit benutzt werden. Es handelt sich um einen Einmalartikel, der nach Benutzung entsorgt wird.



Abbildung 14: Parker Flex-It™ Führungsstab, Foto : www.parkermedical.com

4.3.3 Truflex™

Der Truflex™ der Firma Truphatek ist ein wiederverwendbarer richtungsweisender Führungsstab aus Edelstahl (Abb. 15 a). Das distale Ende des Stabs kann durch Druck auf einen Handgriff am patientenfernen Ende angehoben werden und erlaubt somit eine Anpassung der Richtung des Endotrachealtubus während der Intubation (Abb. 15b und 15 c). Ein Stopper am oberen Ende des Führungsstabs dient dazu, den Tubus zu fixieren und an verschiedene Größen anzupassen (Abb. 15 d). Laut Hersteller können Tuben ab einer Größe von 6.5mm bis 8.5mm benutzt werden.



Abb. 15 a



Abb. 15 b



Abb. 15 c



Abb. 15 d

Abbildung 15 a-d: Truflex™ intubation stylet, Truphatek, Foto: www.truphatek.com

4.3.4 Flexible Fiberoptik

Intubations-Fiberskope wurden speziell für die Bedürfnisse der fiberoptischen Intubation entwickelt. Am Schaft befinden sich Markierungen in 5cm Abständen (siehe Abb. 16). Eine Arbeitslänge von 65cm entspricht der doppelten Tubuslänge. Dies bietet bei aufgezoogenem Tubus ausreichend Reserven zur optischen Platzierung des Tubus auch bei maskenbeatmeten Patienten. Durch einen Hebel am oberen Ende der Fiberoptik kann die Spitze nach oben und unten bewegt und dadurch die Richtung angepasst werden. Durch Drehung des Gerätes ist auch eine Anpassung der Richtung nach rechts und links möglich. Erhältlich sind die Intubationsfiberskope in den Außendurchmessern 2,5 bis 5,2mm. In der vorliegenden Studie wurde nur die bewegliche Einheit als Einführhilfe zur Tubusplatzierung benutzt. Die optische Einheit wurde vom Videolaryngoskop übernommen.



Abbildung 16: Flexibles Intubationsfiberskop, Karl Storz, Foto: www.karlstorz.com

4.4 Laerdal SimMan® Mark 2 Patientensimulator

Der SimMan® Mark 2 Patientensimulator von Laerdal ist ein tragbarer Ganzkörper-simulator zum Training von Alltags- und Notfallsituationen (Abb.17). Er verfügt über eine realistische Anatomie und entspricht etwa der Größe eines erwachsenen Mannes. Es können Situationen nachgestellt werden, in denen wie im Notfall oder im klinischen Alltag Entscheidungen getroffen werden müssen. Der Simulator ist mit einem Laptop und einem Kompressor verbunden.

Die Beatmung des Patientensimulators kann u.a. durch Masken-Beutel-Beatmung oder über einen Endotrachealtubus erfolgen. Die korrekte Lage des Tubus in der Trachea und die Belüftung beider Lungen werden am PC angezeigt und durch Heben und Senken des Thorax sichtbar. Der Hersteller empfiehlt bei Verwendung eines Endotrachealtubus eine Größe bis maximal 8,5mm ID. Außerdem bietet der Simulator die Möglichkeit, verschiedene Atemwegskomplikationen einzuspielen, die über die Software am PC aktiviert werden können. Dazu zählen u.a. hintere Rachenschwellung und Zungenschwellung.



Abbildung 17: Laerdal SimMan® Mark 2 Patientensimulator, Foto: www.laerdal.com

4.5 Ablauf

4.5.1 verschiedene Atemwege und Einführhilfen

Am Patientensimulator SimMan® Mark 2 mussten von jedem der 20 Probanden videolaryngoskopische Intubationen an folgenden 5 definierten Atemwegen durchgeführt werden:

- U1: verbesserte Jackson Position (Schnüffelposition)
- U2: flache Kopflagerung
- U3: flache Kopflagerung mit immobilisierter Halswirbelsäule mittels Stifneck Immobilisationskragen
- U4: Zungenschwellung
- U5: hintere Rachenschwellung

Dabei waren alle 5 aufgeführten Atemwege mit den folgenden 4 Einführhilfen zu bewältigen:

- Konventioneller in Hockeyschlägerform gebogener Führungsstab
- richtungsweisender Führungsstab Parker Flex-It™
- richtungsweisender Führungsstab Truflex™
- flexible Fiberoptik

4.5.2 Randomisierung

Die Reihenfolge der fünf zu bewältigenden Atemwege und die der vier zur Intubation zu verwendenden Einführhilfen wurden pro Proband aus einem verschlossenen Briefumschlag gezogen.

4.5.3 Dauer und Erfolgsrate der Intubation

In einer standardisierten 5-minütigen Unterweisung erhielt jeder Proband eine Einführung in die Handhabung des McGrath® Series 5 Videolaryngoskops und der 4 verschiedenen Einführhilfen. Nachfolgend wurde der Intubationsablauf für jede Einführhilfe einmalig am Simulator demonstriert und daran anschließend führte jeder Proband pro Einführhilfe einen Testversuch am Simulator mit einer Kopflagerung in Neutralposition durch. Erst danach begann der eigentliche Untersuchungsablauf. Dazu wurde das Intubationsmaterial auf einem Beistelltisch standardisiert bereitgestellt. Vor

jedem Durchgang wurden die Kontakte des McGrath® Series 5 Videolaryngoskop gereinigt und geprüft. Außerdem wurde der Ladezustand der Batterie geprüft, um bei jeder Intubation die gleichen optimalen Lichtverhältnisse zu gewährleisten. Die Führungsstäbe wurden so in den Tubus eingeführt, dass sie nicht über die Tubusspitze hinausragten. Für jede Intubation wurde ein Magill-Tubus mit einem Durchmesser von 7,0mm ohne Beatmungsadapter verwendet, der mit ausreichend Gleitgel versehen worden war, um einerseits ein leichtes Einführen und Entfernen der jeweiligen Führungshilfe und andererseits ein problemloses Gleiten des Tubus durch die Stimmritze in die trockene Plastiklufröhre des Simulators zu gewährleisten. In Abhängigkeit von der jeweils verwendeten Einführhilfe wurden während der Intubation unterschiedliche Manöver angewendet, um den Tubus durch die Stimmritze in die Trachea einzuführen:

- Konventioneller Führungsstab in Hockeyschlägerform:

Durch das Vorbiegen des Führungsstabs 8cm proximal des distalen Endes in einen 90° Winkel entstand eine Hockeyschlägerform, die es ermöglichte, nach retro-molarem Einführen die Tubusspitze in Richtung des Kehlkopfeingangs zu drehen.

- Richtungsweisender Führungsstab Parker Flex-It™:

Durch Druck auf den Daumeneinsatz am oberen Ende des Führungsstabs konnte die Tubusspitze anwinkelt werden.

- Richtungsweisender Führungsstab Truflex™:

In Analogie zum Führungsstab Parker Flex-It™ konnte durch den Druck auf einen Handgriff am oberen Ende des Führungsstabs ein Anwinkeln der Tubusspitze erreicht werden.

- Flexible Fiberoptik:

Der am oberen Ende der Fiberoptik angebrachte Hebel ermöglichte ein Bewegen der Tubusspitze nach oben oder unten, je nach dem, in welche Richtung der Hebel bewegt wurde. Durch Drehung der Fiberoptik konnte zusätzlich eine Bewegung der Tubusspitze nach rechts oder links durchgeführt werden.

Mit einer Stoppuhr wurden die Zeiten gemessen, die jeder Proband pro Intubation benötigte. Die Zeitmessung wurde gestartet, sobald der Proband den Laryngoskopspatel mit Camera Stick in die Mundhöhle des Patientensimulators eingeführt hatte und gestoppt, sobald die korrekte Lage des Tubus in der Trachea gesichert war.

Nach 3 misslungenen Versuchen oder nach 120 Sekunden wurde der Intubationsversuch abgebrochen und als Fehlversuch gewertet.

4.5.4 Bilderreihe zum Ablauf einer Intubation am Simulator (exemplarisch dargestellt für die Verwendung der Einführhilfe Parker Flex-It™)



Abbildung 18: Einführen Spatel (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 19: Aufsetzen und Einrasten des Griffes (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 20: Laryngoskopische Sicht (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 21: Einführen Tubus mit Einführhilfe in die Mundhöhle (Foto: Katrin Franken)

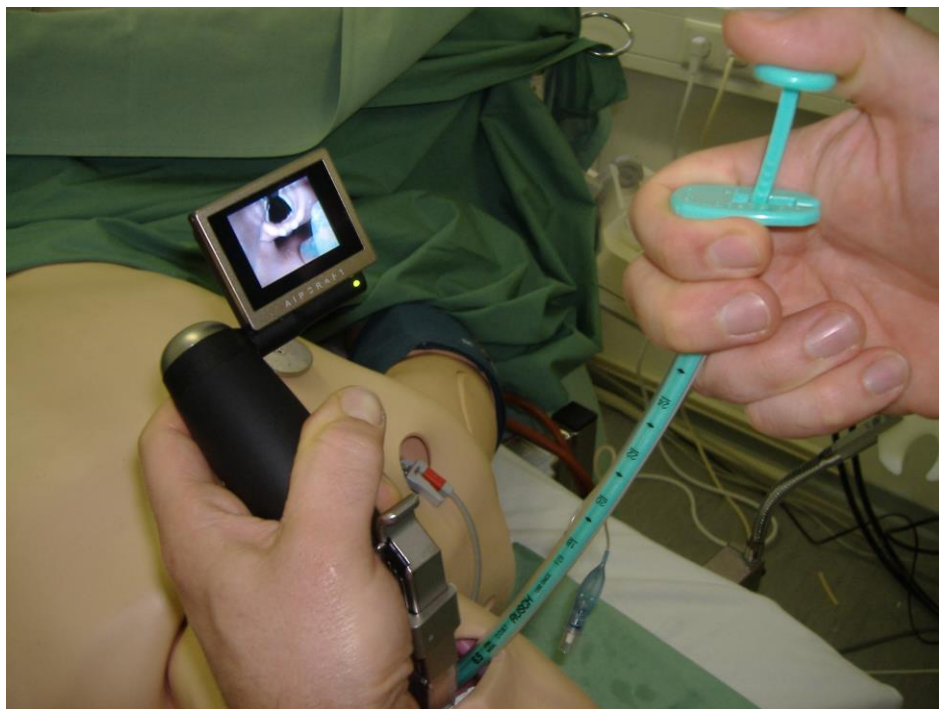


Abbildung 22: Bedienen des Hebelmechanismus der Einführhilfe (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 23: Positionieren des Tubus vor die Glottis (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 24: Einführen des Tubus durch die Glottis (Foto: Katrin Franken)



Abbildung 25: Verschwinden der schwarzen Markierung des Tubus (Foto: Katrin Franken)

4.5.5 Bewertung der Handhabung der 4 verschiedenen Einführhilfen

Nach jedem Wechsel der Einführhilfe wurden dem Probanden folgende Fragen gestellt, die mit Hilfe einer numerischen Analogskala von 1-10 (1 trifft zu, 10 trifft gar nicht zu) zu beantworten waren:

1. Handelt es sich bei dem angewendeten Verfahren um ein für die Alltagssituation taugliches Verfahren?
2. Haben Sie sich durch das Verfahren überfordert gefühlt?
3. Haben Sie sich durch das Verfahren unterfordert gefühlt?
4. Würden Sie das Verfahren in einer Alltagssituation anwenden?
5. Würden Sie das Verfahren in einer Notfallsituation anwenden?
6. Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines erwartet schwierigen Atemwegs wählen?
7. Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines unerwartet schwierigen Atemwegs wählen?
8. Hat Sie die 5-minütige Kurzeinführung ausreichend auf die Anwendung des Verfahrens vorbereitet?

4.6 Statistische Auswertung

Primäres Ziel dieser Studie war die Erfassung der Erfolgsrate und des zeitlichen Verlaufs der Intubation an 5 verschiedenen definierten Atemwegen mit den 4 verschiedenen Einführhilfen in Kombination mit dem Videointubationslaryngoskop McGrath® Series 5. Vor Beginn der Studie waren Stichprobentests für die Zeitmessungen durchgeführt worden. Aus diesen Tests berechneten wir eine mittlere Intubationszeit von 40 Sekunden (Standardabweichung 5 Sekunden). Somit war eine Gruppengröße von 13 Anästhesisten erforderlich um einen 30%igen Unterschied bei einer Power von 0,9 und einem Alpha Level von 0,05 zu erfassen. Zur Kompensation möglicher Ausfälle, bedingt durch Verletzungen des Studienprotokolls, wurden 20 Anästhesisten ausgewählt, um am Simulator Intubationen mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 und verschiedenen Einführhilfen am definierten Atemweg durchzuführen.

Die statistische Auswertung und graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgt mit Hilfe der Programme Sigmastat® 3.5 und Sigmaplot® 8.0 (Systat Software Inc, Chicago, USA). Von allen Messwerten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte durch eine Varianzanalyse. Im Fall einer Signifikanz wurde anschließend eine post-hoc-Testung mit dem Holm-Sidak-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ gewählt.

5. Ergebnisse

20 Anästhesisten und Anästhesistinnen aus der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikum des Saarlandes im ersten bis dritten Weiterbildungsjahr nahmen an dieser Studie teil.

Jeder dieser Anästhesisten hatte mindestens 1000 konventionelle endotracheale Intubationen unter direkter Sicht am Patienten durchgeführt und im Rahmen der Weiterbildung Kenntnisse im Umgang mit Simulatoren erworben. Erfahrungen im Umgang mit Videolaryngoskopen bestanden nicht. Mit jeder Einführhilfe wurden am SimMan® Mark 2 Patientensimulator videolaryngoskopische Intubationen an 5 verschiedenen Atemwegen durchgeführt (U1–U5). Somit ergab sich eine Gesamtzahl von 100 Intubationen für jede verwendete Einführhilfe.

5.1 Erfolgsraten einer Intubation mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 in Kombination mit verschiedenen Einführhilfen bei unterschiedlichen Atemwegs-szenarien

5.1.1 Gesamterfolgsrate aller Intubationen

Ein erstes Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob die Kombination aus dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 in Kombination mit verschiedenen Führungsstäben am simulierten Atemweg zu einer erfolgreichen Intubation führt.

Eine Intubation wurde dann als erfolgreich dokumentiert, wenn der Patientensimulator innerhalb von 120 Sekunden endotracheal intubiert und seitengleich beatmet war und zur Erreichung dieses Ziels nicht mehr als 3 Intubationsversuche innerhalb dieses Zeitraums vorgenommen worden waren.

Von 100 Intubationen, die pro Einführhilfe durchgeführt wurden, konnten 100% in der Gruppe Truflex™ als erfolgreich dokumentiert werden. Mit der Fiberoptik als Führungsstab führten 95% der Intubationen zum gewünschten Erfolg. 96% der 100 Intubationen mit dem Parker Flex-It™ als Führungshilfe wurden als erfolgreich dokumentiert. In der Gruppe mit dem konventionellen Führungsstab in Hockeyschlägerform konnten lediglich 79% der 100 Intubationen erfolgreich durchgeführt werden.

Der Unterschied in der Erfolgsrate zwischen dem Führungsstab in Hockeyschlägerform

und den anderen Einführhilfen war statistisch signifikant ($p < 0,05$).

In der Abbildung 26 sind die Erfolgsraten in % in einer Gesamtübersicht aller Atemwege und Einführhilfen graphisch dargestellt.

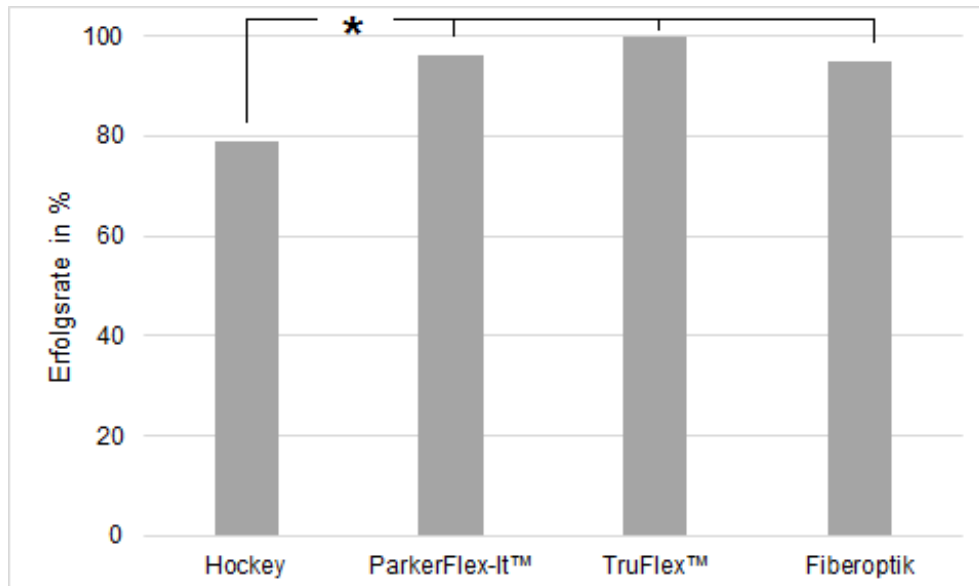


Abbildung 26 : Gesamterfolg aller Intubationen mit 4 verschiedenen Einführhilfen bei 5 unterschiedlichen Atemwegsszenarien. * $p < 0,05$

Ursachen für ein Misslingen der Intubationen waren in den jeweiligen Gruppen ein Hängenbleiben mit der Tubusspitze am Aryknorpel beim Versuch den Tubus in die Luftröhre vorzuschieben.

Ein weiteres Problem war das Unvermögen, trotz guter indirekter Sicht auf die Glottis den Tubus in die Stimmritze zu dirigieren. Bei Verwendung der flexiblen Fiberoptik als Einführhilfe stellte das Unvermögen den Tubus in die Trachea vorzuschieben trotz korrekter endotrachealer Lage der Fiberoptik ein Problem dar. Tabelle 2 zeigt die Ursachen im Detail aufgeschlüsselt.

	Hängenbleiben an Aryknorpel	Tubus kann trotz guter Sicht nicht platziert werden	Fiberoptik endotracheal platziert, Tubus kann nicht vorgeschoben werden
Hockeyschläger	12	9	0
Parker Flex-It™	1	3	0
Truflex™	0	0	0
Fiberoptik	0	0	5

Tabelle 2: Gründe für erfolglose Intubation

5.1.2 Erfolgsrate U1 – Kopflagerung in „verbesselter Jackson Position“

Bei Lagerung des Kopfes in der „verbesserten Jackson Position“ (Schnüffelstellung) konnten unter Zuhilfenahme der Einführhilfen Truflex™ und Parker Flex-It™ 20 von 20 Intubationen, also 100%, als erfolgreich dokumentiert werden. Bei Zuhilfenahme des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs waren hingegen nur 18 von 20 Intubationen (90%) erfolgreich und bei Verwendung der flexiblen Fiberoptik 19 von 20 Intubationen (95%) (Abb. 27).

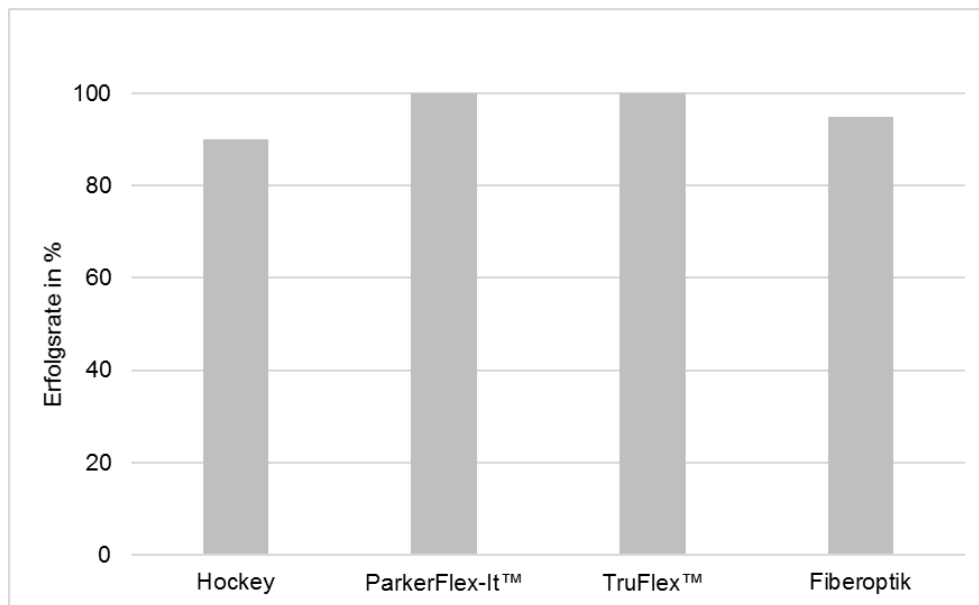


Abbildung 27: Erfolgsrate U1

5.1.3 Erfolgsrate U2 – Flache Kopflagerung

In der flachen Kopflagerung konnten wie unter U1 100% der Intubationen unter Zuhilfenahme der Einführhilfen Parker Flex-It™ und Truflex™ erfolgreich durchgeführt werden. In der Gruppe mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungstab waren es wiederum 90% und unter Zuhilfenahme der flexiblen Fiberoptik 95% erfolgreiche Intubationen (Abb. 28).

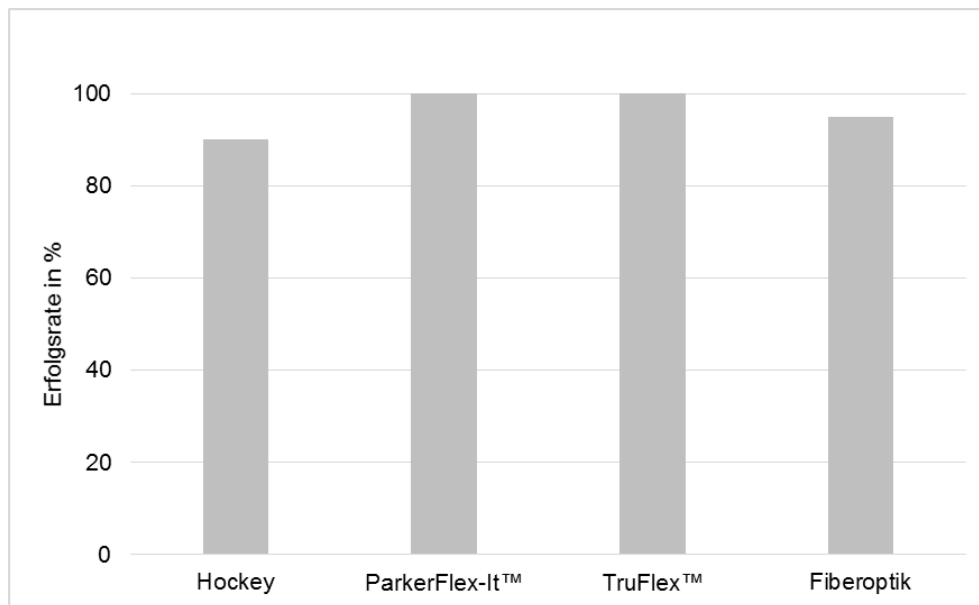


Abbildung 28: Erfolgsrate U2

5.1.4 Erfolgsrate U3 – Immobilisierte Halswirbelsäule mit Stifneck

Immobilisationskragen

Bei immobilisierter Halswirbelsäule konnten unter Verwendung des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs und der Einführhilfen Parker Flex-It™ und TruFlex™ jeweils 20 von 20 Intubation (100%) erfolgreich ausgeführt werden. Unter Verwendung der flexiblen Fiberoptik konnten mit Ausnahme einer Intubation alle als erfolgreich gewertet werden (95%) (Abb. 29).

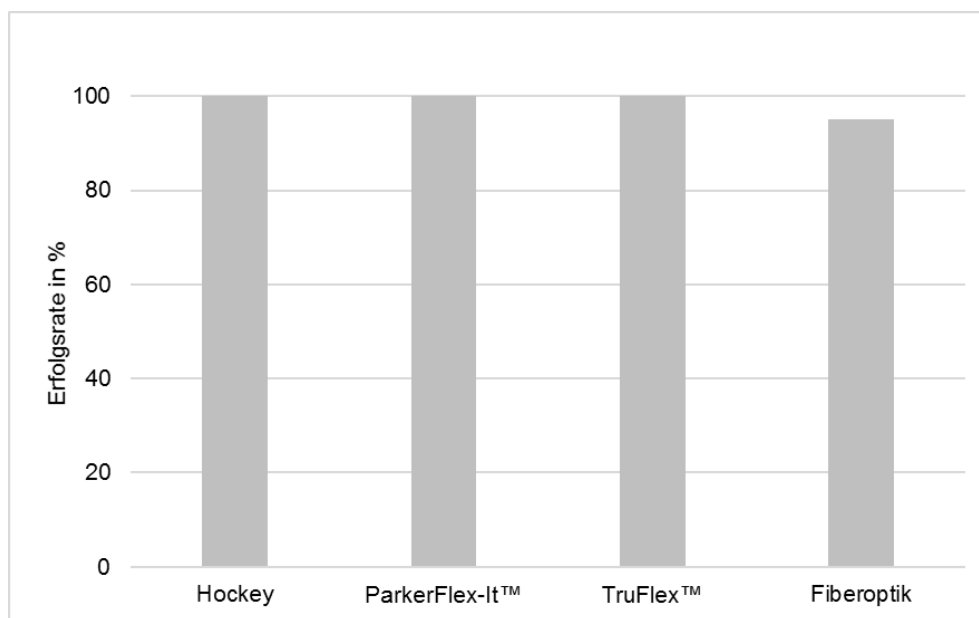


Abbildung 29: Erfolgsrate U3 immobilisierte HWS

5.1.5 Erfolgsrate U4 – Simulierte Zungenschwellung

Bei der simulierten Zungenschwellung konnten nur 12 von 20 Intubationen (60%) mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab erfolgreich durchgeführt werden. Mit der Einführhilfe Parker Flex-It™ gelangen 16 von 20 Intubationen (80%). Bei Verwendung der flexiblen Fiberoptik und der Einführhilfe Truflex™ führten 20 von 20 Intubationsversuchen zum Erfolg (100%) (Abb. 30).

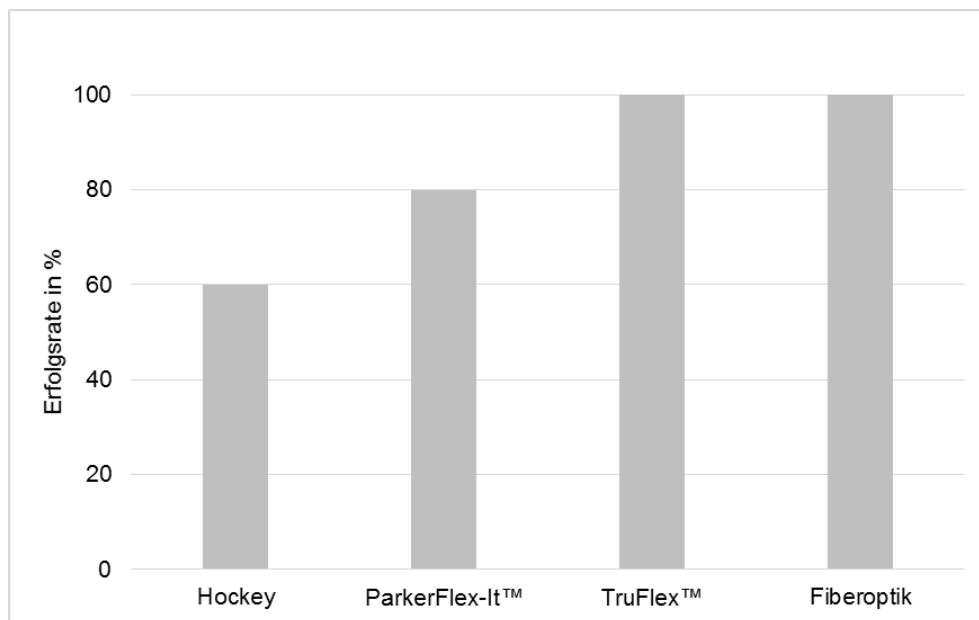


Abbildung 30: Erfolgsrate U4: simulierte Zungenschwellung

5.1.6 Erfolgsrate U5 – Simulierte Rachenschwellung

Bei simulierter Rachenschwellung waren lediglich 11 von 20 Intubationen (55%) bei Verwendung eines in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs erfolgreich. Mit Hilfe der flexiblen Fiberoptik ließen sich in 18 von 20 Fällen (90%) erfolgreiche Intubationen durchführen. Unter Zuhilfenahme der Einführhilfen Parker Flex-It™ und Truflex™ konnten alle Intubationen (100%) erfolgreich abgeschlossen werden (Abb. 31).

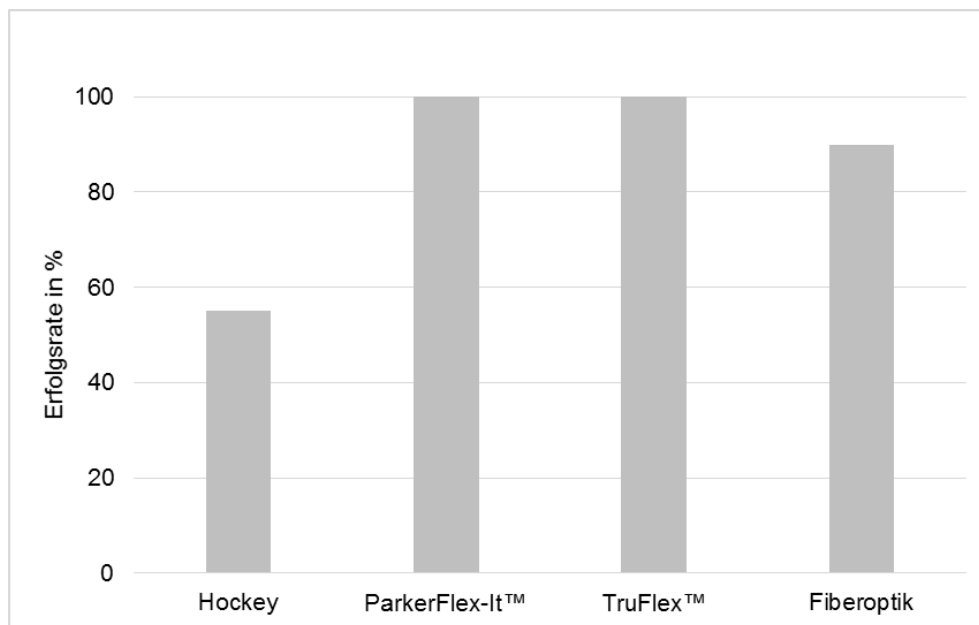


Abbildung 31: Erfolgsrate U5: simulierte Rachenschwellung

5.2 Intubationszeiten

Nachfolgend ist die Gesamtübersicht der Intubationszeiten für die 5 verschiedenen Atemwegsszenarien U1–U5 tabellarisch dargestellt.

	U1 Schnüffel- position	U2 Neutral- position	U3 Immobilisierte HWS	U4 Simulierte Zungen- schwellung	U5 Simulierte Rachen- schwellung
Hockeyschläger	41,1±18,8	38,4±22,1	36,7±14,5	42,6±19,2	44,3±20
ParkerFlex- It™	35,2±10	33,8±12,6	28,2±8,6	45,4±21,9	37,7±12,5
Truflex™	26,3±5,6	24,3±4,8	22,8±4,1	30,6±9,4	28,6±7,8
Fiberoptik	45,8±10,4	40,9±12	33,4±7,6	41,7±9,8	42,5±14,1

Tabelle 3: Intubationszeiten in Sekunden, Angaben als Mittelwert \pm Standardabweichung

Es ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede in der Zeitmessung innerhalb der einzelnen Gruppen. Nachfolgend soll hierauf im Detail eingegangen werden.

5.2.1 Gesamtzeit der Intubation U1 – Kopflagerung in „verbesserter Jackson-Position“

Für die Untersuchung U1 „verbesserte Jackson-Position“ wurde der Kopf des Patientensimulators auf ein etwa 10cm hohes Intubationskissen gelagert (Schnüffelposition). In dieser Position waren 18 Intubationen mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab, jeweils 20 mit dem Parker Flex-It™ und Truflex™ und 19 mit der flexiblen Fiberoptik als Führungshilfe erfolgreich. Die erfolgreichen Intubationen gelangen am schnellsten mit der Führungshilfe Truflex™ ($26,3s \pm 5,6s$). Die dabei erreichten Zeiten waren signifikant kürzer als die Zeiten unter Verwendung des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs ($41,1s \pm 18,8s$) und der flexiblen Fiberoptik ($45,8s \pm 10,4s$). Darüber hinaus waren die Intubationszeiten bei Verwendung des Parker Flex-It™ ($35,2s \pm 10,0s$) signifikant kürzer als bei Verwendung der flexiblen Fiberoptik ($45,8s \pm 10,4s$). Bei allen übrigen Konstellationen konnte im paarweisen Vergleich kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

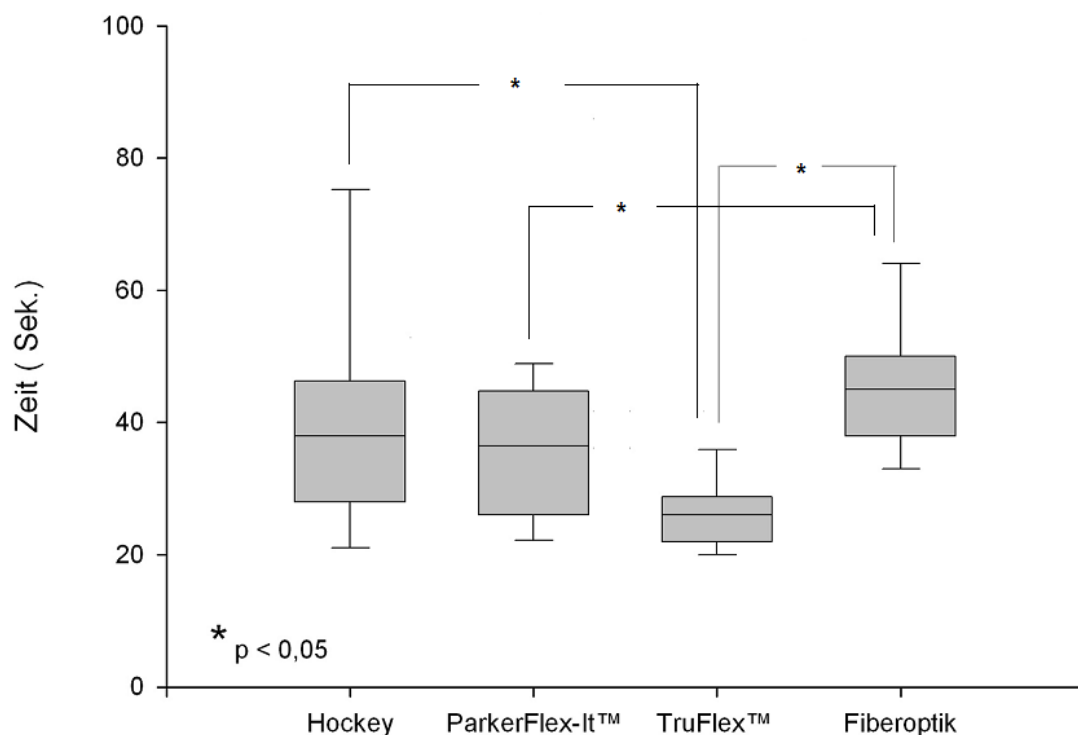


Abbildung 32: Gesamtzeit einer Intubation in verbesserter Jackson Position (U1). Boxplots: verschiedene Einführungshilfen. Signifikante Unterschiede (* $p < 0,05$) Fiberoptik vs. Truflex™, Fiberoptik vs. Parker Flex-It™, sowie Hockey vs. Truflex™.

5.2.2 Gesamtzeit der Intubation U2 – Flache Kopflagerung

Für die Untersuchung U2 wurde der Kopf des Patientensimulators in eine flache Lagerung gebracht. Dabei waren 18 Intubationen mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab, jeweils 20 mit den Führungshilfen Parker Flex-It™ und Truflex™ und 19 mit der flexiblen Fiberoptik erfolgreich.

In Analogie zur Untersuchung U1 waren auch bei der Untersuchung in flacher Kopflagerung die Intubationszeiten bei Verwendung der Truflex™ Einführhilfe am geringsten ($24,3s \pm 4,8s$) und dabei signifikant kürzer als bei Zuhilfenahme des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs ($38,4s \pm 22,1s$) oder der flexiblen Fiberoptik ($40,9s \pm 12,0s$) (siehe Abb. 33). Bei den anderen paarweisen Vergleichen (Parker Flex-It™ ($33,8s \pm 12,6s$) vs. Hockeyschlägerform oder vs. Fiberoptik, Fiberoptik vs. Hockeyschlägerform und Parker Flex-It™ vs. Truflex™) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

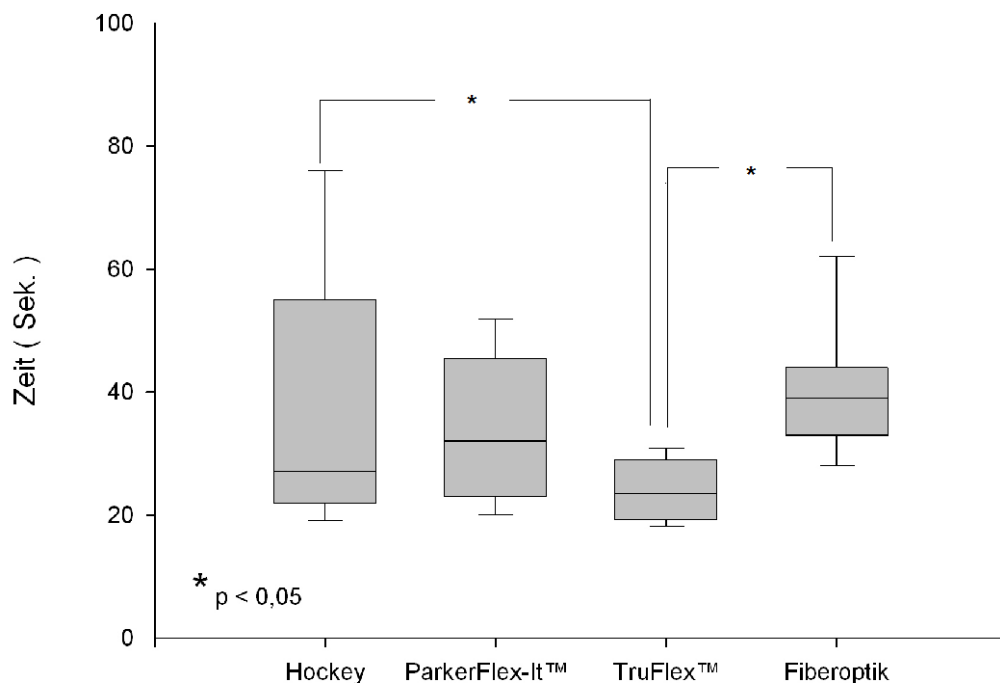


Abbildung 33: Gesamtzeit einer Intubation bei flacher Kopflagerung (U2). Boxplots: verschiedene Einführhilfen. Signifikante Unterschiede (* $p < 0,05$) bestehen in der Gruppe Fiberoptik vs. Truflex™ und Hockey vs. Truflex™.

5.2.3 Gesamtzeit der Intubation U3 – Flache Kopflagerung mit immobilisierter Halswirbelsäule mit Stifneck Immobilisationskragen

Bei der Untersuchung 3, immobilisierte Halswirbelsäule, waren 18 Intubationen mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab, jeweils 20 Intubationen mit Parker Flex-It™ und Truflex™ und 19 mit der Fiberoptik als Führungshilfe erfolgreich. Auch bei dieser Atemwegskonstellation gelang die Intubation unter Verwendung der Führungshilfe Truflex™ am schnellsten (22,8s+8,6s); diese Zeit war signifikant kürzer als die bei Verwendung der flexiblen Fiberoptik (33,4s+7,6s) oder des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs (36,7s+14,5s) (Abb. 34). Auch beim Vergleich der Intubationszeiten bei Verwendung der Führungshilfe Parker Flex-It™ (28,2s+8,6s) und des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs ergab sich ein signifikanter Unterschied, während die Intubationszeiten bei allen anderen paarweisen Überprüfungen sich nicht signifikant unterschieden.

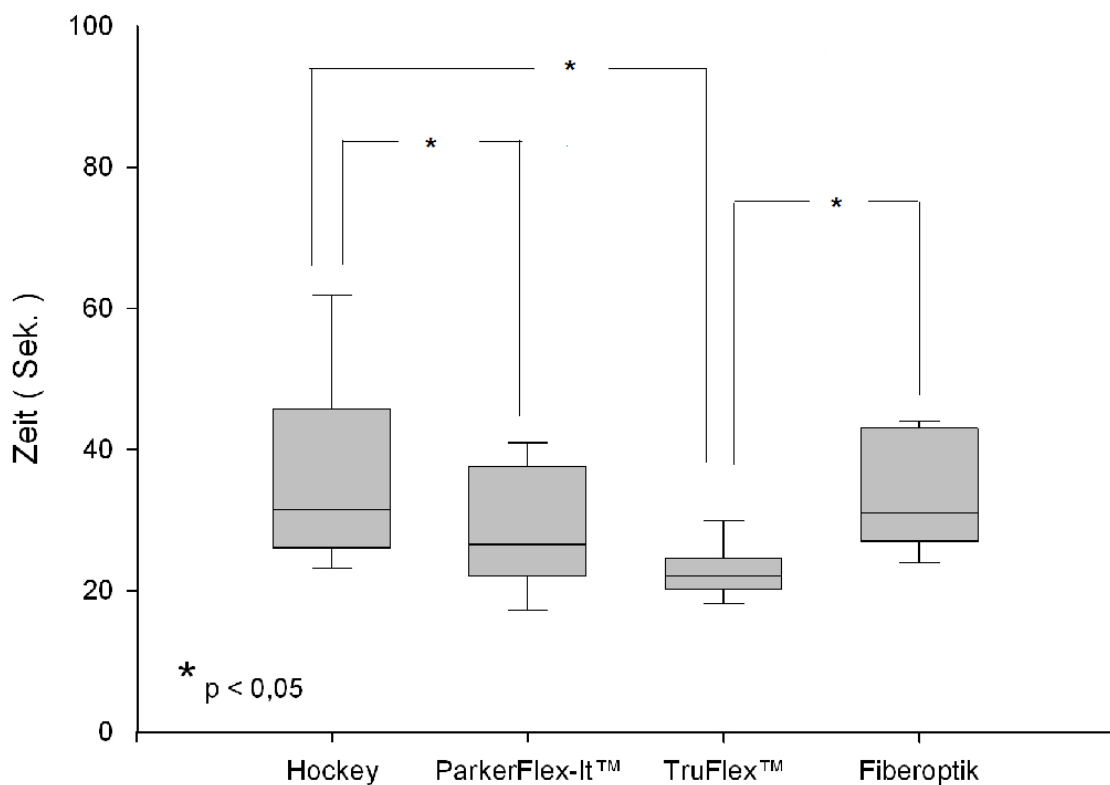


Abbildung 34: Gesamtzeit einer Intubation mit immobilisierter Halswirbelsäule (HWS) (U3). Boxplots: verschiedene Einführungshilfen. Signifikante Unterschiede (* $p < 0,05$) bestehen in der Gruppe Truflex™ vs. Fiberoptik, Truflex™ vs. Hockey, sowie Hockey vs. Parker Flex-It™.

5.2.4 Gesamtzeit der Intubation U4 – Simulierte Zungenschwellung

In der Untersuchung 4 wurde mittels Druckluft eine Zungenschwellung simuliert. Bei dieser Atemwegskonstellation waren 12 Intubationen unter Verwendung des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs, 16 mit Parker Flex-It™, 20 mit Truflex™ und 20 mit der Fiberoptik als Führungshilfe erfolgreich. Auch hierbei gelang mit der Führungshilfe Truflex™ die Intubation am schnellsten ($30,6s \pm 9,4s$). Der Unterschied war im Vergleich zur Verwendung der Führungshilfe Parker Flex-It™ ($45,4s \pm 21,9s$) signifikant. Bei allen sonstigen paarweisen Überprüfungen unter Einbeziehung der in Hockeyschlägerform gebogenen Führungshilfe ($42,6s \pm 19,2s$) und der Fiberoptik ($41,7s \pm 9,8s$) wurde das Signifikanzniveau nicht erreicht.

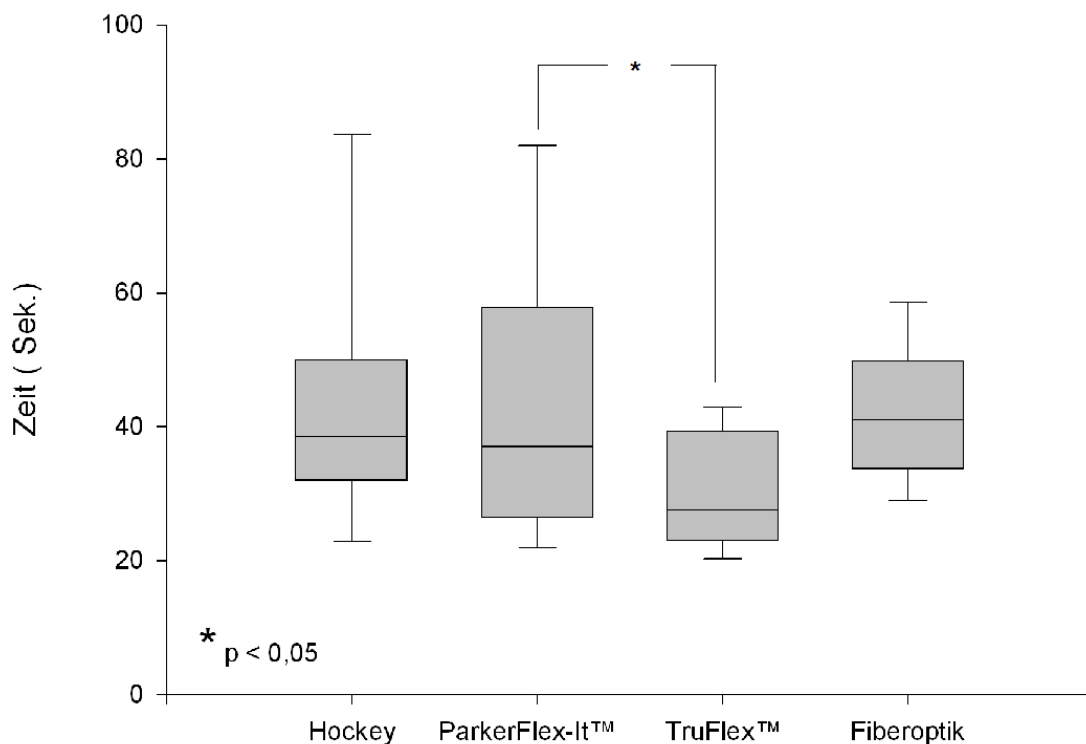


Abbildung 35: Gesamtzeit einer Intubation mit simulierter Zungenschwellung (U4). Boxplots: verschiedene Einführungshilfen. Ein signifikanter Unterschied (* $p < 0,05$) besteht in der Gruppe Parker Flex-It™ vs. Truflex™.

5.2.5 Gesamtzeit der Intubation U5 – Simulierte Rachenschwellung

In der Untersuchung 5 wurde eine Rachenschwellung simuliert. Lediglich 11 Intubationen gelangen mit dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab, jeweils 20 mit den Führungshilfen Parker Flex-It™ und Truflex™ und 18 mit der Fiberoptik. Wie in allen 4 zuvor aufgeführten Atemwegskonstellationen war die Intubation unter Zuhilfenahme der Führungshilfe Truflex™ am schnellsten möglich ($28,6s \pm 7,8s$) (Abb. 36); die notwendige Zeit unterschied sich jeweils signifikant von den Intubationszeiten unter Zuhilfenahme des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs ($44,3s \pm 20,00s$) und der Fiberoptik ($42,5s \pm 14,1s$). Mit der Führungshilfe Parker Flex-It™ ($37,7s \pm 12,5s$) dauerte die Intubation länger als unter Verwendung der Truflex™ Führungshilfe. Der Unterschied war jedoch ebenso wenig signifikant wie bei allen anderen möglichen paarweisen Vergleichen der verschiedenen Führungshilfen.

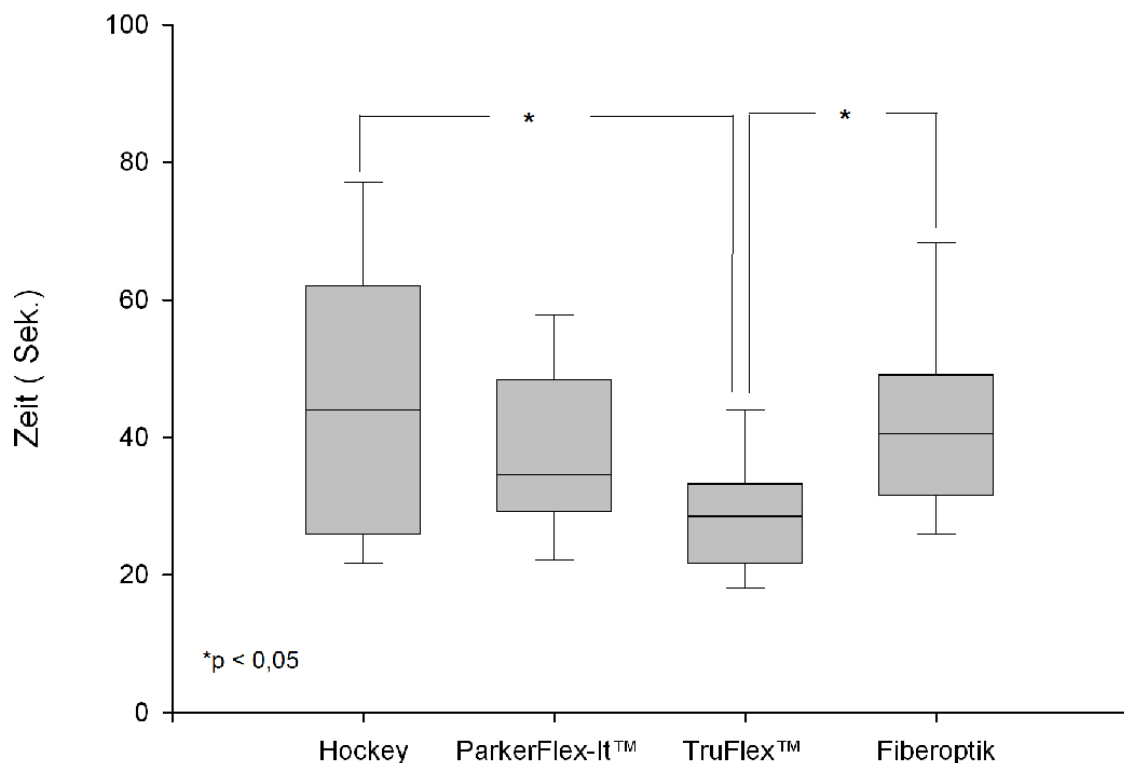


Abbildung 36: Gesamtzeit einer Intubation mit simulierter Rachenschwellung (U5). Boxplots: verschiedene Einführhilfen. Signifikante Unterschiede (* $p < 0,05$) bestehen in der Gruppe Fiberoptik vs. Truflex™, sowie Hockey vs. Truflex™.

5.3 Bewertung der Handhabung der unterschiedlichen Einführhilfen im Rahmen einer videoassistierten Intubation

Zur Bewertung des subjektiven Empfindens des einzelnen Probanden in Bezug auf die Handhabung und Verwendung der Kombination aus dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 und den verschiedenen Einführhilfen wurden den Probanden 8 Fragen gestellt, die anhand numerischer Analogskalen von 1 bis 10 (1 trifft zu, 10 trifft gar nicht zu) zu beantworten waren.

Frage 1: Handelt es sich bei dem angewendeten Verfahren um ein für die Alltagssituation taugliches Verfahren?

Bei der Beurteilung ihrer Alltagstauglichkeit im Rahmen einer videolaryngoskopischen Intubation schnitten die Einführhilfen Truflex™ ($2,2 \pm 0,9$) und Parker Flex-It™ ($2,9 \pm 1,1$) jeweils signifikant besser ab als der in Hockeyschlägerform gebogene Führungsstab ($5,4 \pm 2,1$) und die flexible Fiberoptik ($4,2 \pm 2,2$) ($p < 0,05$) (Abb. 37). Beim Vergleich der Einführhilfen Truflex™ und Parker Flex-It™ ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, ebenso beim Vergleich der flexiblen Fiberoptik und dem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab (p jeweils $> 0,05$).

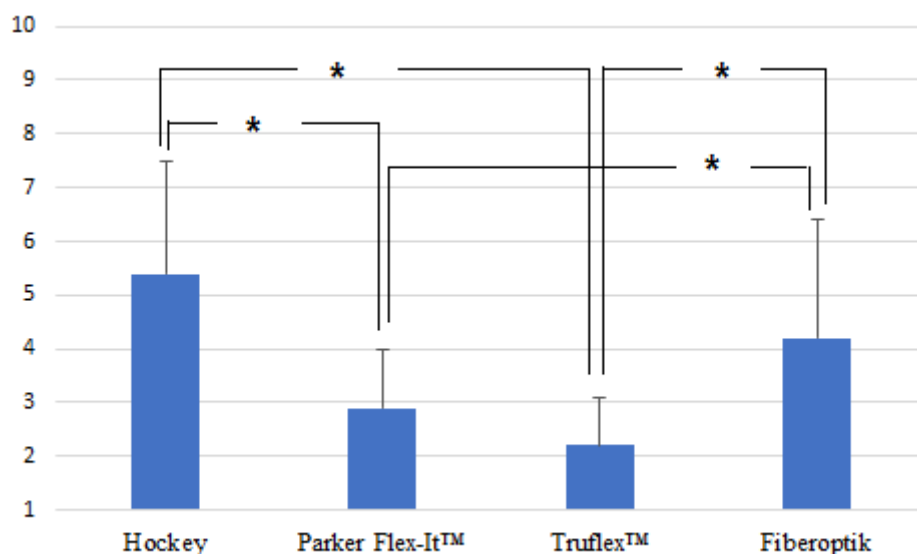


Abbildung 37: Bewertung der Alltagstauglichkeit der verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala von 1-10. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 2: Haben Sie sich durch das Verfahren überfordert gefühlt?

Bei der videolaryngoskopischen Intubation fühlten sich die meisten Probanden überfordert, wenn dazu als Einführhilfe ein in Hockeyschlägerform gebogener Führungsstab verwendet wurde. Im Vergleich zum in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab schnitt die Einführhilfe Truflex™ signifikant besser ab ($p < 0,05$). Beim paarweisen Vergleich der anderen Einführhilfen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

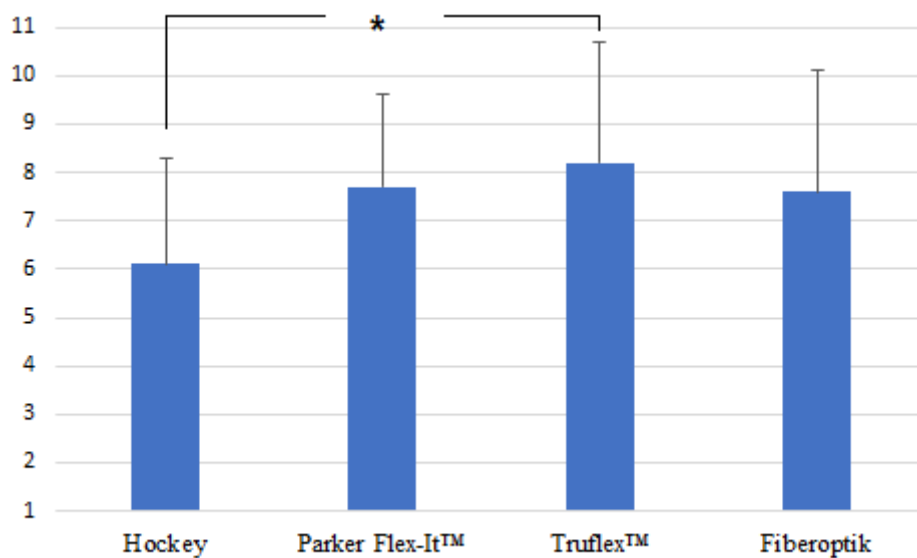


Abbildung 38: Bewertung der verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala hinsichtlich einer subjektiven Überforderung der Probanden. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 3: Haben Sie sich durch das Verfahren unterfordert gefühlt?

In Bezug auf die Frage, ob die Probanden sich während der Intubation unterfordert fühlten, ergab sich für die 4 verschiedenen Einführhilfen keine signifikanten Unterschiede (Abb. 39).

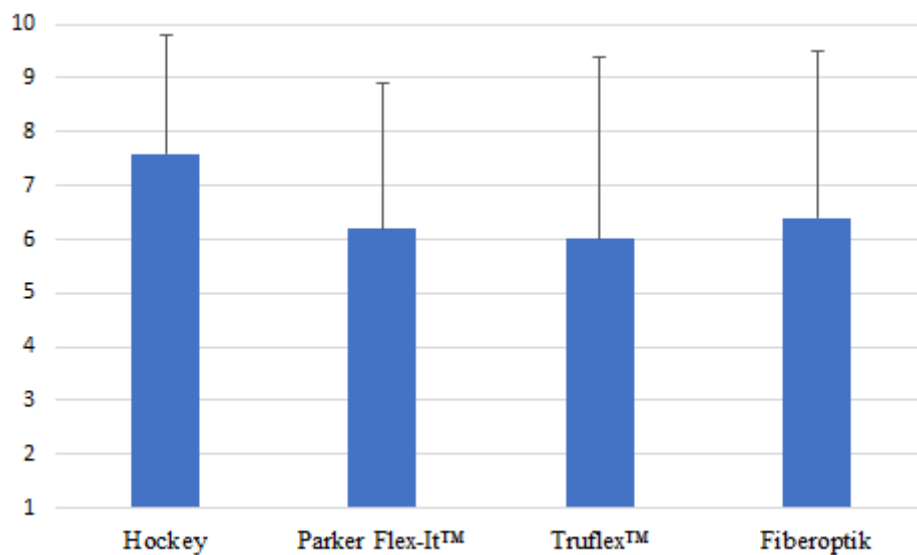


Abbildung 39: Bewertung der verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala hinsichtlich einer subjektiven Unterforderung der Probanden. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 4: Würden Sie das Verfahren in einer Alltagsituation anwenden?

Von den verschiedenen Einführhilfen im Rahmen einer videolaryngoskopischen Intubation würden die Probanden am ehesten die Einführhilfen Parker Flex-It™ ($2,7 \pm 2,3$) und Truflex™ ($3,1 \pm 2,3$) und am seltensten den in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab ($5,5 \pm 2,9$) wählen. Diese Unterschiede erreichten jeweils Signifikanz ($p < 0,05$). Die flexible Fiberoptik ($4,0 \pm 3,1$) wurde am zweitschlechtesten bewertet. Beim Vergleich zu den übrigen Einführhilfen ergab sich jeweils kein signifikanter Unterschied.

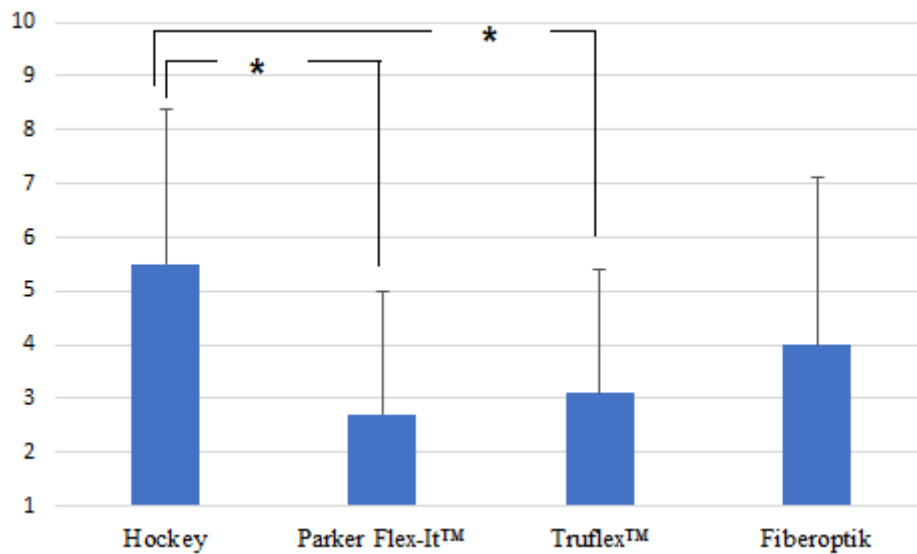


Abbildung 40: Bewertung der 4 verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala im Hinblick darauf, für welche Einführhilfe sich die Probanden im Rahmen einer routinemäßigen videolaryngoskopischen Intubation entscheiden würden. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 5: Würden Sie das Verfahren in einer Notfallsituation anwenden?

In einer Notfallsituation würden sich im Rahmen einer videolaryngoskopischen Intubation signifikant mehr Probanden für die Einführhilfen Truflex™ ($2,7 \pm 2,2$) oder Parker Flex-It™ ($3,8 \pm 3$) oder die flexible Fiberoptik FO ($3,1 \pm 2,6$) entscheiden im Vergleich zu einem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab ($7,2 \pm 2,8$) ($p < 0,05$) (Abb. 41). Zwischen den drei erstgenannten Einführhilfen ergaben sich beim paarweisen Vergleich keine signifikanten Unterschiede.

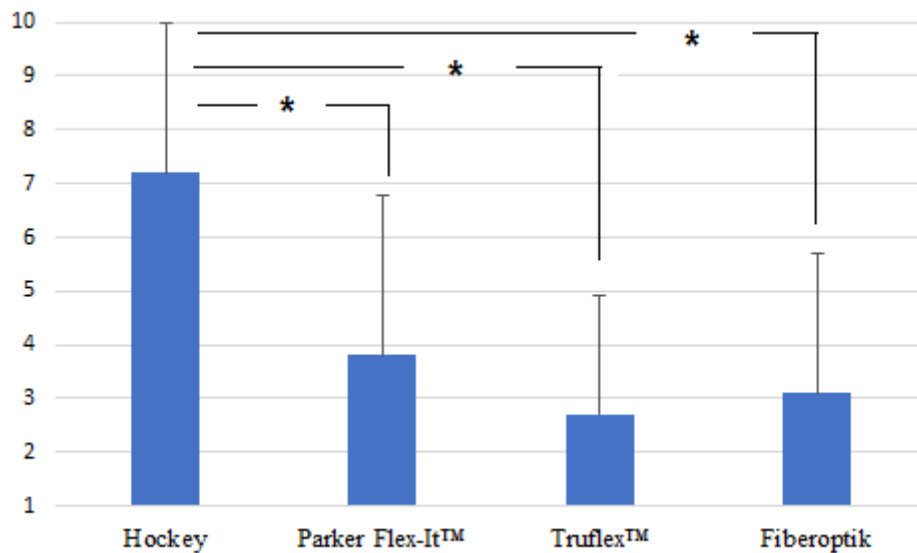


Abbildung 41: Bewertung der verschiedenen Einführhilfen in Bezug auf ihre Einsatztauglichkeit in Notfallsituationen auf einer numerischen Analogskala. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 6: Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines erwartet schwierigen Atemwegs wählen?

Zur Bewältigung eines erwartet schwierigen Atemwegs würden signifikant mehr Probanden die flexible Fiberoptik ($2,3 \pm 2,5$) oder die Einführhilfen TruflexTM ($3,4 \pm 2,8$) sowie Parker Flex-ItTM ($4,2 \pm 3,1$) wählen im Vergleich zu einem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab ($7,3 \pm 2,7$) ($p < 0,05$) (Abb. 42). Beim paarweisen Vergleich der drei erstgenannten Führungshilfen ergab sich kein signifikanter Unterschied.

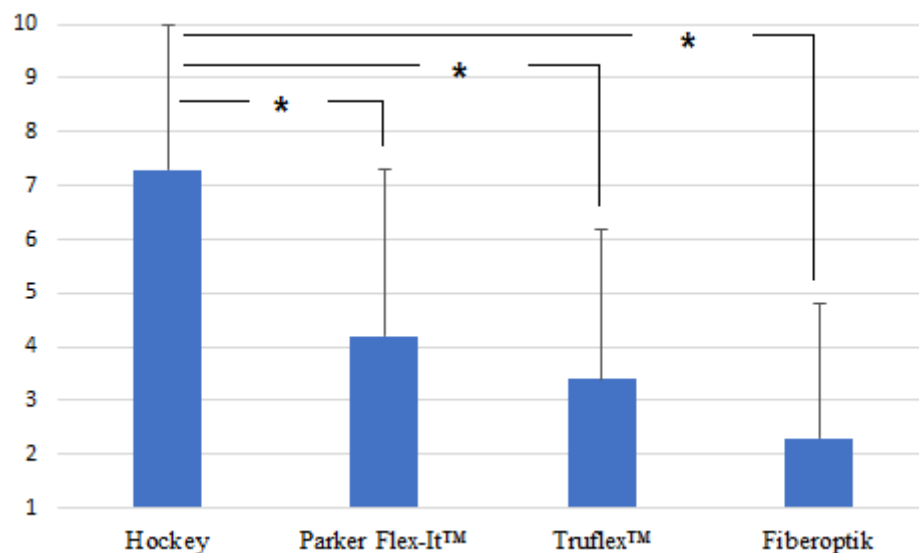


Abbildung 42: Bewertung der 4 verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala von 1-10 im Hinblick auf ihre wahrscheinliche Auswahl zur Bewältigung eines schwierigen Atemwegs. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 7: Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines unerwartet schwierigen Atemwegs wählen?

Auch zur Bewältigung eines unerwartet schwierigen Atemwegs würden die wenigsten Probanden im Rahmen einer videoassistierten Intubation unter den 4 verschiedenen Führungshilfen den in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab wählen ($p < 0,05$). Die 3 anderen Führungshilfen wurden als vergleichbar bewertet ($p > 0,05$ beim jeweiligen direkten Vergleich).

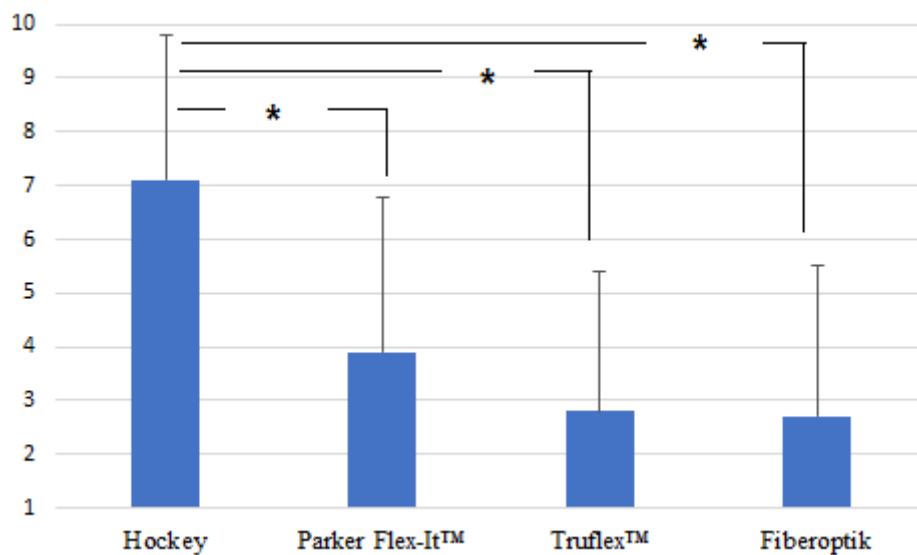


Abbildung 43: Bewertung der 4 verschiedenen Einführhilfen auf einer numerischen Analogskala von 1-10 im Hinblick auf ihre wahrscheinliche Auswahl zur Bewältigung eines unerwartet schwierigen Atemwegs. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Frage 8: Hat Sie die 5-minütige Kurzeinführung ausreichend auf die Anwendung des Verfahrens vorbereitet?

Ob die 5-minütige Kurzeinführung ausreichend war, um auf die anzuwendenden Verfahren vorzubereiten, wurde von den Probanden zumeist als zutreffend bewertet, wobei sich für die flexible Fiberoptik die schlechtesten Zustimmungswerte fanden. Der Unterschied war zur Bewertung der Einführung in die Handhabung des in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstabs und der Führungshilfe Parker Flex-It™ signifikant ($p < 0,05$).

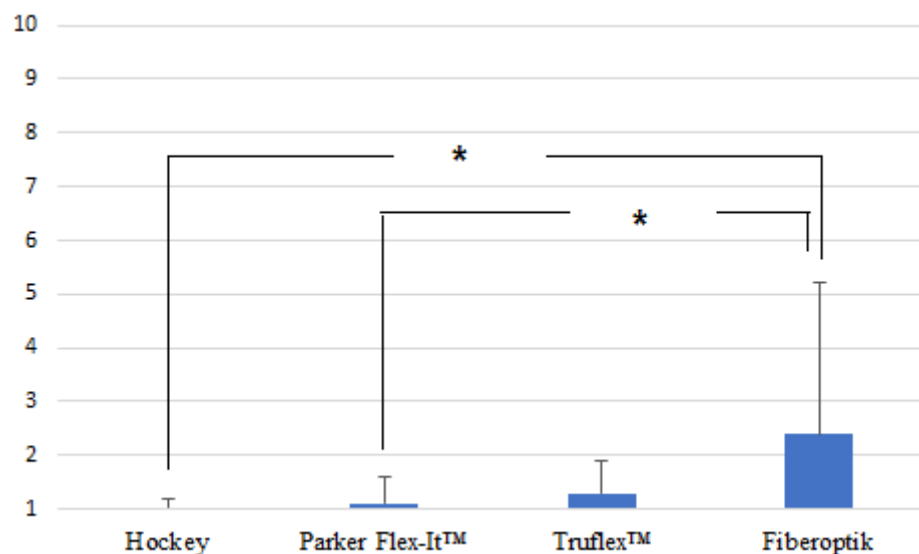


Abbildung 44: Bewertung der 5-minütigen Kurzeinweisung auf einer numerischen Analogskala von 1-10 hinsichtlich deren Eignung zur Vorbereitung auf die praktische Anwendung. Angaben als MW+SD, * $p < 0,05$

Die Tabelle 5 fasst die Ergebnisse der Befragung anhand der numerischen Analogskalen von 1-10 (1 trifft zu, 10 trifft gar nicht zu) nochmals zusammen:

- Frage 1: Handelt es sich bei dem angewendeten Verfahren um ein für die Alltagsituation taugliches Verfahren?
- Frage 2: Haben Sie sich durch das Verfahren überfordert gefühlt?
- Frage 3: Haben Sie sich durch das Verfahren unterfordert gefühlt?
- Frage 4: Würden Sie das Verfahren in einer Alltagssituation anwenden?
- Frage 5: Würden Sie das Verfahren in einer Notfallsituation anwenden?
- Frage 6: Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines erwartet schwierigen Atemwegs wählen?
- Frage 7: Würden Sie das Verfahren zur Bewältigung eines unerwartet schwierigen Atemwegs wählen?
- Frage 8: Hat Sie die 5-minütige Kurzeinführung ausreichend auf die Anwendung des Verfahrens vorbereitet?

	Hockey	Parker Flex-It™	Truflex™	Fiberoptik
Frage 1	5,4 ± 2,1	2,9 ± 1,1	2,2 ± 0,9	4,2 ± 2,2
Frage 2	6,1 ± 2,2	7,7 ± 1,9	8,2 ± 2,5	7,6 ± 2,5
Frage 3	7,6 ± 2,2	6,2 ± 2,7	6,0 ± 3,4	6,4 ± 3,1
Frage 4	5,5 ± 2,9	2,7 ± 2,3	3,1 ± 2,3	4,0 ± 3,1
Frage 5	7,2 ± 2,8	3,8 ± 3,0	2,7 ± 2,2	3,1 ± 2,6
Frage 6	7,3 ± 2,7	4,2 ± 3,1	3,4 ± 2,8	2,3 ± 2,5
Frage 7	7,1 ± 2,7	3,9 ± 2,9	2,8 ± 2,6	2,7 ± 2,8
Frage 8	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,5	1,3 ± 0,6	2,4 ± 2,8

Tabelle 4: Ergebnisse der Befragung hinsichtlich der Handhabung der verschiedenen Einführhilfen im Rahmen einer videoassistenten Intubation bei 5 verschiedenen Atemwegen.

6. Diskussion

6.1 Atemwegsmanagement

Fehler im Atemwegsmanagement stellen die häufigste Ursache für die anästhesiebedingte Morbidität und Mortalität dar. Die endotracheale Intubation ist der Goldstandard zur Sicherung der Atemwege. Beim erwarteten schwierigen Atemweg kommt die (Wach)-fiberoptische Intubation zum Einsatz. Im überarbeiteten Algorithmus der Handlungsabläufe beim schwierigen Atemweg der American Society of Anesthesiologists werden Videolaryngoskope als Alternative zur konventionellen Intubation empfohlen. Sie können eingesetzt werden, wenn ein Patient adäquat mit einer Maske beatmet werden kann und die konventionelle Intubation fehlgeschlagen ist (2).

Die Entwicklung dieser neuen Videolaryngoskope wurde durch den Erfolg des Glidescope® (Verathon Medical, Bothell, WA, USA) im Jahre 2003 angetrieben. Dieses Laryngoskop bietet eine indirekte Visualisierung der Glottisebene mit einer Spatelkrümmung von 60 Grad. Ähnlich dem Glidescope® ist das C-MAC® D-Blade (Karl Storz, Tuttlingen, Germany) mit einem halbmondförmigen Spatel ausgestattet, der den größten Krümmungswinkel im Vergleich zum konventionellen McIntosh Spatel aufweist.

Zentrales Problem der indirekten Laryngoskopie mit einem Videolaryngoskop stellt dabei die korrekte Platzierung des Endotrachealtubus dar. Verschiedene Studien zeigten, dass videoassistierte Verfahren im Vergleich zur direkten Einstellung der Glottis bei der konventionellen Laryngoskopie bei schwierigen Atemwegen eine verbesserte Sicht auf die Stimmbandebene ermöglichen können (12, 13, 16, 25, 26, 27, 32, 40). Das größte Problem bei der Intubation mit diesen Videolaryngoskopen, die eine indirekte Sicht auf die Stimmbandebene liefern, ist dabei das Verschieben des Endotrachealtubus in die Trachea (35,36). Trotz der guten Sicht auf die Glottis, die die indirekte Laryngoskopie bietet, ist die korrekte Tubusplatzierung häufig erschwert. Grund hierfür ist die spezielle Spatelkrümmung, die einerseits die gute Sicht ermöglicht, andererseits ein Verschieben des Tubus „um die Ecke“ verlangt (28). In der Literatur wurden in mehreren Studien verschiedene Videolaryngoskope in Bezug auf die Visualisierung der Glottis nach Cormack und Lehane, Intubationszeiten und Intubationserfolg miteinander verglichen. Insbesondere wurde auf die Situation eines schwierigen Atemwegs eingegangen. Noppens et al. konnten in einer Studie, in die 40 Patienten mit schwierigem Atemweg

eingeschlossen wurden zeigen, dass die Sicht auf die Glottisebene durch das McGrath® Series 5 Videolaryngoskop in allen Fällen verbessert wurde und in 90% der Fälle die Intubation erfolgreich abgeschlossen werden konnte (28). In einer weiteren Studie von Ng et. al wurden die Videolaryngoskope McGrath® Series 5 und das C-MAC® in Bezug auf die Intubationszeiten bei Patienten, die klinisch einen Hinweis für eine erschwerte Intubation aufwiesen, miteinander verglichen. Dabei waren die Intubationszeiten mit dem McGrath® Series 5 mit 67 gegenüber 50 Sekunden signifikant länger. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass mit dem McGrath® Series 5 vergleichsweise mehr Intubationsversuche bis zur erfolgreichen Platzierung des Tubus in der Trachea notwendig waren. Andererseits konnte mit dem McGrath® Series 5 öfter ein Cormack 1 Grad erreicht werden als mit dem C-MAC®. Als Grund hierfür wurde diskutiert, dass das McGrath® Series 5 im Vergleich zum C-MAC® eine spezielle vordere Spatelkrümmung aufweist, die einerseits die Sicht verbessert, andererseits die Tubusplatzierung erschwert (26). Wetsch et. al publizierten 2011 eine Simulatorstudie, in der ebenfalls Intubationszeiten und Intubationserfolg verschiedener Videolaryngoskope (McGrath® Series 5, GlideScope®, C-MAC®, Pentax und Airtraq®) miteinander verglichen wurden. Sie simulierten einen schwierigen Atemweg mit immobilisierter Halswirbelsäule. In der Kontrollgruppe wurde die konventionelle direkte Laryngoskopie mit MacIntosh-Spatel durchgeführt. Die Anästhesisten, die an der Studie als Probanden teilnahmen, hatten durchschnittlich 6,9 Jahre Berufserfahrung. Die kürzeste Zeitspanne von Beginn der Atemwegssicherung bis zur ersten Beatmung über einen korrekt platzierten Tubus betrug im Mittel 21 Sekunden und wurde mit der konventionellen Methode erreicht. Am schlechtesten schnitt in dieser Studie das McGrath® Series 5 Videolaryngoskop ab, bei dessen Verwendung die Intubationszeiten durchschnittlich 5fach länger waren. Auch die Erfolgsrate der Intubation mit dem McGrath® Series 5 konnte lediglich mit 72,2% dokumentiert werden, obwohl auch in dieser Studie wieder beschrieben wurde, dass die optimalste Sicht auf die Stimmbandebene mit dem McGrath® Series 5 erreicht werden konnte (40).

Wie in den zuvor angeführten Studien wurde in der vorliegenden Untersuchung das McGrath® Series 5 Videolaryngoskop verwendet. Aufgrund der beschriebenen Schwierigkeiten trotz sehr guter Sichtverhältnisse den Tubus rasch und sicher in die Trachea einführen zu können, wurden in der vorliegenden Studie beispielhaft für

verschiedene Einführhilfen, die die Platzierung des Tubus im Rahmen einer videoassistierten Intubation erleichtern sollen, die richtungsweisenden Einführhilfen Parker Flex–It™ und Truflex™, eine flexible Fiberoptik sowie ein konventioneller in Hockeyschlägerform gebogener Führungsstab in Kombination mit dem Videolaryngoskop McGrath® Series 5 unter standardisierten Bedingungen an einem Patientensimulator miteinander verglichen. Intubationserfolg, Intubationszeit und subjektives Empfinden in der Handhabung dieser Kombination wurden erfasst und gegeneinander ausgewertet.

6.2 Erfolgsrate und Intubationszeiten

In unserer Studie wurde also speziell auf das Problem der Tubusplatzierung eingegangen. Keine Studie zuvor verglich eine videoassistierte Intubation unter Verwendung des McGrath® Series 5 Videolaryngoskop in Kombination mit den vier verschiedenen Einführhilfen Parker Flex–It™, Truflex™, der Fiberoptik und dem konventionellen Führungsstab in Hockeyschlägerform. In den meisten der zuvor genannten Studien wurde als Einführhilfe ein konventioneller Führungsstab ohne spezielle Vorbiegung verwendet. Unsere Studie konnte zeigen, dass aber gerade die Auswahl der Führungshilfe für den Endotrachealtubus bei der indirekten Laryngoskopie eine entscheidende Rolle in Bezug auf die erfolgreiche endotracheale Intubation spielt. Beim simuliert schwierigen Atemweg, Rachen- und Zungenschwellung, konnten nur 55% bzw. 60% der Intubationen mit dem konventionellen in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab als erfolgreich dokumentiert werden. Wesentlich höher war die Erfolgsrate in den Gruppen, in denen ein richtungsweisender Führungsstab oder die flexible Fiberoptik als Führungshilfe angewandt wurden. Hier wurden Erfolgsraten von 80% bis 100% erreicht. Eine Studie, die zwei Führungsstäbe (Parker Flex–It™ und ein in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab) in Kombination mit einem Videolaryngoskop (hier GlideScope®) in Hinblick auf die Intubationszeit untersuchte, stammt von Turkstra et al. aus dem Jahre 2009. In dieser Studie wurden 80 Intubationen von erfahrenen Anästhesisten an Patienten durchgeführt, wobei die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation mit dem konventionellen Führungsstab in Hockeyschlägerform signifikant kürzer war (38). In einer weiteren Studie von McElwain et al. aus dem Jahre 2010 versuchten die Autoren die optimale Strategie zur Sicherung des Atemwegs mit

dem C-MAC® Videolaryngoskop herauszuarbeiten. Als Einführhilfen wurden der konventionelle Führungsstab (sowohl in Hockeyschlägerform gebogen, als auch ohne Vorbiegung), der Parker Flex-It™, sowie ein Endotrachealtubus ohne Einführhilfe verwendet. Ähnlich zu unserer Studie wurden 4 verschiedene simulierte Atemwege (flache Kopflagerung, immobilisierte Halswirbelsäule mit Stifneck, Zungenschwellung, sowie immobilisierte Halswirbelsäule in Kombination mit Zungenschwellung) von 10 erfahrenen Anästhesisten an einem Atemwegssimulator in randomisierter Reihenfolge bewältigt. Die Intubationszeiten wurden erfasst. Ebenso wurden die Probanden im Anschluß an die Intubation gebeten auf einer Skala von 0-10 (0= extrem einfach bis 10= extrem schwer) die mit der jeweiligen Einführhilfe durchgeführte Intubation zu bewerten. Auch in dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines Führungsstabs in Hockeyschlägerform während der endotrachealen Intubation mit einem Videolaryngoskop vor allem beim simuliert schwierigen Atemweg zu einer schnelleren Sicherung des Atemweges führt. Sowohl die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation, als auch das subjektive Empfinden der Probanden bezüglich des Schweregrades der Intubation wurde in allen 4 Atemwegsszenarien vom Führungsstab in Hockeyschlägerform angeführt. Der Parker Flex-It™ als Einführhilfe wurde beim simuliert schwierigen Atemweg als zweitbeste Einführhilfe bewertet und lag zeitlich nur knapp hinter dem Führungsstab in Hockeyschlägerform (24).

Im Unterschied zu unserer Untersuchung verfügten die Probanden in beiden genannten Studien allerdings bereits über große Erfahrung im Umgang mit einem in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab, während ihnen der Umgang mit dem Parker Flex-It™ als Führungsstab weniger bekannt war. Die Tatsache, dass die Intubationen von sehr erfahrenen Anästhesisten durchgeführt wurden, kann die Diskrepanz der Ergebnisse erklären. Da sich die Probanden in unserer Studie erst im ersten bis dritten Weiterbildungsjahr befanden und keine Erfahrung im Umgang mit dem McGrath® Series 5 und den verschiedenen Führungsstäben hatten und trotzdem sehr gute Intubationserfolge erzielen konnten, spricht dafür, dass es sich um eine einfache und schnell zu erlernende Anwendungsform handelt. Zudem wurde in beiden genannten Studien ein anderes Videolaryngoskop (GlideScope® bzw. C-MAC®) verwendet. Der Grad der Spatelkrümmung beim C-MAC® entspricht dem eines konventionellen McIntosh Spatels bei der direkten Laryngoskopie. Dies wiederum

erfordert nicht zwangsläufig eine Intubation „um die Ecke“, und somit nicht unbedingt die Verwendung eines richtungsweisenden Führungsstabs.

Die Kollegen der Arbeitsgruppe Al-Qasmi et al. veröffentlichten 2013 ein Studienprotokoll für eine randomisiert kontrollierte Studie (1), in der der Truflex™ mit einem rigiden Portex™ Führungsstab während der elektiven endotrachealen Intubation am Patienten verglichen werden soll. Als Videolaryngoskop wird das C-MAC™ mit D-blade Spatel verwendet. Dieser Spatel weist eine deutlich stärkere Krümmung auf als der konventionelle Spatel des C-MAC® Videolaryngoskops und wurde speziell für die Bewältigung des schwierigen Atemweges von der Firma Storz entwickelt. Die primären Endpunkte der Studie sind die Erfolgsrate der Intubation, die Intubationszeit, sowie die Ergebnisse einer Befragung zum Schwierigkeitsgrad der Intubation unter Verwendung der jeweiligen Einführhilfe. Außerdem wird die Anwenderzufriedenheit anhand einer visuellen Analogskala erfasst. Die Autoren versprechen sich schnellere Intubationszeiten, höhere Erfolgsraten, höhere Anwenderzufriedenheit und weniger oropharyngeale Traumata unter Verwendung des richtungsweisenden Führungsstabs Truflex™ im Vergleich zum konventionellen rigiden Portex™ Führungsstab. Im gesamten ähnelt das Studiendesign unserer Studie sehr. Zum aktuellen Zeitpunkt liegen noch keine Ergebnisse der Studie vor. Dennoch zeigt sich, dass das Interesse zur Optimierung der Strategien für die Sicherung eines Atemweges mit einem Videolaryngoskop Gegenstand der aktuellen Forschung ist und es in Zukunft sicherlich weitere Atemwegsstudien mit ähnlichen Fragestellungen geben wird.

6.3 Beurteilung der Handhabung durch die Probanden

Skalierungsverfahren sind Techniken und Vorgehensweisen, mit deren Hilfe Skalen erzeugt werden, z.B. Ratingskalen zur Messung von Einstellungen, Überzeugungen oder Persönlichkeitskonzepten. Synonyme sind Schätzskala, Rangordnungsskala, Einschätzskala oder Einstufungsskala. Diese Ratingverfahren sind sowohl bei der Selbsteinstufung als auch bei der Fremdeinstufung verwendbar. Die Ratingtechnik wird u. a. bei der Einstellungs-, Meinungs- und Iagemessung, bei der Beurteilung von Personal, Kooperationsfähigkeit oder Attraktivität sowie bei der Persönlichkeitsmessung verwendet. In der Humanmedizin ist eine gebräuchliche und anerkannte Form der Ratingskala die visuelle oder numerische Analogskala zur Erfassung und Objektivierung von Schmerzen. Mit Ratingskalen sollen die Ausprägungen bzw. der

jeweilige Grad der Ausprägung eines Merkmals (auch Item, Stimulus, Reiz genannt) festgestellt werden. Bei Verwendung einer Ratingskala werden Probanden aufgefordert, einen Stimulus gemäß ihrem subjektiven Urteil einer Anzahl fest vorgegebener Kategorien bzw. einem Kontinuum zuzuordnen. Die Kategorien müssen eindeutig geordnet sein, in der Regel werden sie verbal beschrieben und/oder durch Zahlen charakterisiert. Ratingskalen lassen sich bezüglich ihrer äußeren Form in numerische und grafische Ratingskalen unterscheiden bzw. numerische-grafische Kombinationen, wobei zusätzlich verbale Charakterisierungen einzelner oder aller Kategorien hinzukommen können. Hinsichtlich der begrifflichen Markierungen werden bipolare (z.B. gespannt / gelöst) und unipolare (z.B. kaum / sehr) Ratingskalen unterschieden. Problematisch bei einer numerischen und/oder verbalen Verankerung von Rating-Skalen ist die Frage, ob die Probanden die einzelnen Kategorien als gleichabständig empfinden. Dass die zugeordneten Zahlen gleiche Abstände aufweisen, bedeutet nicht, dass jeder Proband die Abstände auch als gleichwertig empfindet (30).

In der vorliegenden Studie wurden den Probanden nach jedem Wechsel der Einführhilfe Fragen zur Praktikabilität der Anwendung des verwendeten Verfahrens gestellt. Anhand einer numerischen Ratingskala von 1 bis 10 sollten die Probanden ihr subjektives Empfinden wiedergeben. Die Abstände auf der Ratingskala wurden höchstwahrscheinlich nicht von jedem Probanden gleichwertig eingestuft, dennoch spiegelt sich in der Gesamtheit eine Meinung wider, die repräsentativ ist. Anhand der erzielten Ergebnisse war klar zu erkennen, dass die Führungsstäbe mit richtungsweisender Funktion dem konventionellen Führungsstab in spezieller Vorbiegung überlegen sind. Sowohl die Handhabbarkeit als auch die Erfolgsquote bei der Bewältigung unterschiedlich schwieriger Atemwege sprechen demnach bei videoassistierten Intubationen für die Verwendung richtungsweisender Führungsstäbe, die eine flexible Einstellung des Krümmungsradius des Endotrachealtubus ermöglichen. Auch in vorausgegangenen Studien wurde die Verwendung von numerischen Analogskalen zur Beurteilung der Durchführung eines Verfahrens beschrieben (31). In einer Studie aus dem Jahr 2011 verglichen Puchner et al. die indirekte mit der direkten Laryngoskopie während der nasotrachealen Intubation unter anderem anhand einer numerischen Ratingskala. Verglichen wurden drei verschiedene Laryngoskope. Ein Führungsstab wurde bei nasaler Intubation nicht verwendet. Im Anschluss an die

Intubation wurde der Anästhesist aufgefordert anhand der numerischen Analogskala (von 0 – 10, wobei 0 = sehr einfach und 10= sehr schwer bedeutet) sein subjektives Empfinden wiederzugeben (31).

6.4 Limitationen der Studie

Eine Atemwegsstudie an einem Simulator kann nicht einfach in eine reale Situation übertragen werden. Dennoch ist eine Standardisierung der Studienbedingungen gegeben. Jeder Proband hatte exakt die gleichen Ausgangsbedingungen, was den Vergleich innerhalb der verschiedenen Gruppen möglich macht. Viele Studien an Atemwegssimulatoren sind bereits veröffentlicht. Konzepte für das Management eines schwierigen Atemwegs werden an Simulatoren geübt und anschließend ins klinische Setting übertragen. In einer im Januar 2014 publizierten Studie wurden 11 Atemwegsstudien, in denen die direkte Laryngoskopie mit der Videolaryngoskopie an Simulatoren verglichen wurde, zusammengefasst und deren Schlussfolgerungen bewertet (39). Das simulationsbasierte Training eines schwierigen Atemwegs wird in der Zusammenschau dieser 11 Studien als eine effektive Möglichkeit gesehen, die Fertigkeiten im Umgang mit der Videolaryngoskopie zu erlernen und in den klinischen Alltag zu übertragen.

Eine weitere Limitation der Studie ist, dass der Hawthorne Effekt nicht ausgeschlossen werden kann. Dies bedeutet, dass die Probanden wussten, dass sie an einer Studie teilnahmen und dies gegebenenfalls die Resultate manipuliert. Zudem hatten die teilnehmenden Anästhesisten keine Erfahrung im Umgang mit der Videolaryngoskopie, so dass die Ergebnisse nicht generell auf alle Anästhesisten und insbesondere nicht auf diejenigen übertragbar sind, die in der Anwendung von Videolaryngoskopen erfahren sind.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Videolaryngoskopie in Kombination mit einem richtungsweisenden Führungsstab als Einführhilfe auch dem unerfahrenen Anästhesisten eine gute Alternative zur Atemwegssicherung bietet. In der vorliegenden Untersuchung waren die richtungsweisenden Einführhilfen Parker Flex-It™ und Truflex™ der flexiblen Fiberoptik und dem in Hockeyschlägerform gebogenen

Führungsstab im Hinblick auf die Erfolgsrate und der Beurteilung der Handhabbarkeit überlegen. Weitere Studien an Patienten mit vorbeschrieben schwierigem Atemweg sollten folgen, um die Fragestellungen auch in einer realen Situation zu untersuchen.

7. Literaturverzeichnis

- (1) Al-Qasmi A, Al-Alawi W, Malik AM, Khan RM, Kaul N. Assessment of Truflex articulating stylet versus conventional rigid Portex stylet as an intubation guide with the D-blade of C-Mac videolaryngoscope during elective tracheal intubation: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2013 Sep 16;14:298-6215-14-298.
- (2) Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2013 Feb;118(2):251-270.
- (3) Benumof JL, Cooper SD. Quantitative improvement in laryngoscopic view by optimal external laryngeal manipulation. *J Clin Anesth* 1996 Mar;8(2):136-140.
- (4) Brandt L. Illustrierte Geschichte der Anästhesie. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 1997.
- (5) Brandt L. Die Geschichte der Intubationsnarkose unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung des Endotrachealtubus. *Anästhesist* 1986;35:523-530.
- (6) Cavus E, Bein B, Dorges V. Airwaymanagement: video-assisted airway management. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2011 Sep;46(9):588-596.
- (7) Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984 Nov;39(11):1105-1111.
- (8) Cook TM. A new practical classification of laryngeal view. *Anaesthesia* 2000 Mar;55(3):274-279.
- (9) Crosby. E., Cooper, R., Douglas, M., Doyle, D., Hung, O., Labrecque, P., Muir, H., Murphy, M., Preston, R., Rose, D., Roy, L. The unanticipated difficult airway with recommendations for management. *Can J Anaesth* 1998;45:757-776.
- (10) Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. Airway Management. *Anästh. Intensivmed.* 2004;45:302-306.
- (11) Dörge, V., Bein, B. Atemwegmanagement – Klinisches Management des schwierigen Atemweg. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2006;9:564-574.
- (12) Graterol J, Quader K. McGrath videolaryngoscope for an anticipated difficult airway. *Br J Anaesth* 2009 Aug;103(2):308-309.
- (13) Griesdale DE, Liu D, McKinney J, Choi PT. Glidescope(R) video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth* 2012 Jan;59(1):41-52.
- (14) Hartung H-, Osswald P, Petroianu G editors. Die Atemwege. 1st ed. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2001.

- (15) Janssens M, Hartstein G. Management of difficult intubation. *Eur J Anaesthesiol* 2001 Jan;18(1):3-12.
- (16) Jeon WJ, Kim KH, Yeom JH, Bang MR, Hong JB, Cho SY. A comparison of the Glidescope(R) to the McGrath(R) videolaryngoscope in patients. *Korean J Anesthesiol* 2011 Jul;61(1):19-23.
- (17) Kill C, Dersch W, Jerrentrup A. Videolaryngoskopie. *Notfallmedizin uptodate* 2012.
- (18) Keul W, Bernhard M, Völkl A, Gust R, Gries A. Methoden des Atemwegmanagements in der präklinischen Notfallmedizin. *Anästhesist* 2004;53:978-992
- (19) Knill RL. Difficult laryngoscopy made easy with a "BURP". *Can J Anaesth* 1993 Mar;40(3):279-282.
- (20) Krier C, Georgi R editors. *Airway-Management: die Sicherung der Atemwege* Stuttgart: Thieme; 2001.
- (21) Larsen R editor. *Anästhesie. 9. Auflage ed.* München: Urban und Fischer Verlag; 2010.
- (22) Luckhaupt H, Brusic T. History of intubation. *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)* 1986 Sep;65(9):506-510.
- (23) Mallampati SR. Clinical sign to predict difficult tracheal intubation (hypothesis). *Can Anaesth Soc J* 1983 May;30(3 Pt 1):316-317.
- (24) McElwain J, Malik MA, Harte BH, Flynn NH, Laffey JG. Determination of the optimal stylet strategy for the C-MAC videolaryngoscope. *Anaesthesia* 2010 Apr;65(4):369-378.
- (25) Ng I, Sim XL, Williams D, Segal R. A randomised controlled trial comparing the McGrath((R)) videolaryngoscope with the straight blade laryngoscope when used in adult patients with potential difficult airways. *Anaesthesia* 2011 Aug;66(8):709-714.
- (26) Ng I, Hill AL, Williams DL, Lee K, Segal R. Randomized controlled trial comparing the McGrath videolaryngoscope with the C-MAC videolaryngoscope in intubating adult patients with potential difficult airways. *Br J Anaesth* 2012 Sep;109(3):439-443.
- (27) Niforopoulou P, Pantazopoulos I, Demestiha T, Koudouna E, Xanthos T. Videolaryngoscopes in the adult airway management: a topical review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand* 2010 Oct;54(9):1050-1061.
- (28) Noppens RR, Mobus S, Heid F, Schmidtman I, Werner C, Piepho T. Evaluation of the McGrath Series 5 videolaryngoscope after failed direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 2010 Jul;65(7):716-720.
- (29) Pothmann W, Kluge S. Die endotracheale Intubation. 2010; *Deutsche medizinische Wochenschrift* 135:94-97.

- (30) Pospeschill M. Empirisches Arbeiten und methodisch-statistische Beratung, Universität des Saarlandes, 2010.
- (31) Puchner W, Drabauer L, Kern K, Mayer C, Bierbaumer J, Rehak PH, et al. Indirect versus direct laryngoscopy for routine nasotracheal intubation. *J Clin Anesth* 2011 Jun;23(4):280-285.
- (32) Ray DC, Billington C, Kearns PK, Kirkbride R, Mackintosh K, Reeve CS, et al. A comparison of McGrath and Macintosh laryngoscopes in novice users: a manikin study. *Anaesthesia* 2009 Nov;64(11):1207-1210.
- (33) Samsoon GL, Young JR. Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia* 1987 May;42(5):487-490.
- (34) Schulte am Esch J, Bause N, Kochs E editors. *Duale Reihe Anästhesie: Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*. 3. Auflage ed.: Thieme Verlag; 2006.
- (35) Shippey B, Ray D, McKeown D. Use of the McGrath videolaryngoscope in the management of difficult and failed tracheal intubation. *Br J Anaesth* 2008 Jan;100(1):116-119.
- (36) Shippey B, Ray D, McKeown D. Case series: the McGrath videolaryngoscope--an initial clinical evaluation. *Can J Anaesth* 2007 Apr;54(4):307-313.
- (37) Takahata O, Kubota M, Mamiya K, Akama Y, Nozaka T, Matsumoto H, et al. The efficacy of the "BURP" maneuver during a difficult laryngoscopy. *Anesth Analg* 1997 Feb;84(2):419-421.
- (38) Turkstra TP, Jones PM, Ower KM, Gros ML. The Flex-It stylet is less effective than a malleable stylet for orotracheal intubation using the GlideScope. *Anesth Analg* 2009 Dec;109(6):1856-1859.
- (39) Vanderbilt AA, Mayglothling J, Pastis NJ, Franzen D. A review of the literature: direct and video laryngoscopy with simulation as educational intervention. *Adv Med Educ Pract* 2014 Jan 28;5:15-23.
- (40) Wetsch WA, Spelten O, Hellmich M, Carlitscheck M, Padosch SA, Lier H, et al. Comparison of different video laryngoscopes for emergency intubation in a standardized airway manikin with immobilized cervical spine by experienced anaesthetists. A randomized, controlled crossover trial. *Resuscitation* 2012 Jun;83(6):740-745.

8. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BURP	Backward, Upward, Rightward, Pressure
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
et al.	et alii (männlich), et aliae (weiblich)
HWS	Halswirbelsäule
ID	Innendurchmesser
kg	Kilogramm
LCD	liquid – crystal display
LED	light – emitting diode
mAh	Milliamperestunde
MW	Mittelwert
mm	Millimeter
OELM	Optimal External Laryngeal Manipulation
s	Sekunden
Sek.	Sekunden
SD	Standardabweichung
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

9. Publikationen

E. Reus, **K. Liening**, M. Wrobel, U. Grundmann

Evaluation der Erfolgsrate der Intubation mit dem Video-Intubationslaryngoskop McGrath® in Kombination mit dem richtungsweisenden Stylet Parker Flex-It® oder einem in Form eines Hockeyschlägers gebogenen Führungsstabs am Simulator.

Abstract DIVI 2010, Hamburg

E.Reus, **K.Liening**, M. Wrobel, U. Grundmann

Evaluation der endotrachealen Intubation am Simulator durch Rettungsassistenten und Anästhesisten in Weiterbildung unter Verwendung des Video-Intubationslaryngoskop McGrath® in Kombination mit dem richtungsweisenden Stylet Parker Flex-It®.

Abstract DIVI 2010, Hamburg

E. Reus, **K. Liening**, M. Wrobel, U. Grundmann

Evaluation of the success rate of the intubation with the videolaryngoscope McGrath® in combination with the direction giving TruFlex™ stylet versus a hockeystick formed stylet in a simulated airway

Abstract Euroanaesthesia Congress 2011, Amsterdam

E.Reus, **K.Liening**, D.Schmidt, M.Wrobel, U. Grundmann

Evaluation des zeitlichen Verlaufs der Intubation mit dem Video-Intubationslaryngoskop McGRATH® in Kombination mit dem Stylet TruFlex™ oder einem in Form eines Hockeyschlägers gebogenen Führungsstabs am Simulator.

Abstract Deutscher Anästhesie Kongress, Hamburg, 2011

K.Liening, E. Reus, D.Schmidt, M.Wrobel, U. Grundmann

Evaluation der Lernkurve eines Anästhesisten im ersten Weiterbildungsjahr bezüglich der Verwendung des Video-Intubationslaryngoskop McGRATH® in Kombination mit dem Stylet ParkerFlex-It™ zur Intubation am Patienten.

Abstract Deutscher Anästhesie Kongress, Hamburg, 2011

K. Liening, E. Reus, M. Wrobel, U. Grundmann

Flexible Fiberoptik versus Führungsstab in Hockeyschlägerform als Einführhilfe bei der endotrachealen Intubation mit dem Video-Intubationslaryngoskop McGrath® Series 5 am Simulator.

Abstract DIVI, Leipzig 2011

E. Reus, **K. Liening**, M. Wrobel, U. Grundmann

Flexible fiberoptic versus Parker Flex-It™, TruFlex™ and hockey stick formed stylet as an intubation guide with the videolaryngoscope McGRATH® Series 5 in a simulated airway.

Abstract Euroanaesthesia Congress 2012, Paris

Reus E, Grundmann U, **Liening K**, Wrobel M

Parker Flex-It intubation stylet versus a 90-degree curved stylet during intubation with the McGrath videolaryngoscope performed by novices: a manikin study with 5 airway scenarios.

J Clin Anesth 2013;25: 624-628.

10. Danksagung

Danke sagen möchte ich allen, die mich bei der Verwirklichung dieser Arbeit unterstützt haben.

Herrn Prof. Dr. med. Ulrich Grundmann für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit.

Herrn Erik Reus für die Betreuung in der Zeit vor und während der Datenerhebung und das Ermöglichen der Teilnahme an Kongressen.

Allen Assistenzärztinnen und Assistenzärzten der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie der Universitätsklinik Homburg/Saar, die sich als Probanden für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt haben. Es hat viel Spaß gemacht mit euch.

Außerdem gilt ein großer Dank den Mitarbeitern des Simulatorzentrums der Universitätsklinik Homburg/Saar, Herrn Dirk Schmidt, Herrn Andreas Hoppstädter und Herrn Wolfgang Klein. Durch die Bereitstellung des technischen Equipments und der Räumlichkeiten zu jeder Zeit, konnte die Datenerhebung schnell erfolgen.

Meinem Ehemann danke ich für eine wundervolle gemeinsame Studienzeit in Homburg und die Ermutigung zur Durchführung dieser Arbeit.

Nicht zuletzt möchte ich auch meinen Eltern danken, die mir das Studium der Humanmedizin ermöglicht haben und mich immer unterstützen.